

**Knorpelschaden und Arthrose des
Ellenbogengelenkes.
Ergebnisse aus einer arthroskopischen Fallserie
und systematische Literaturrecherche**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Doktorgrades

doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt dem Rat der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Schiller-Universität Jena

von Constance Maurer
geboren am 20.07.1974 in Eisenach

Gutachter

1. Prof. Dr. Georg Matziolis, Eisenberg
2. apl. Prof. Dr. Gunter Spahn, Eisenach
3. Prof. Dr. Kolja Gelse, Erlangen

Tag der öffentlichen Verteidigung: 02.04.2019

1 Inhaltsverzeichnis

1	Inhaltsverzeichnis	3
2	Abkürzungsverzeichnis	5
3	Zusammenfassung	6
4	Einleitung	8
4.1	Anatomie des Ellenbogengelenkes	8
4.2	Biomechanik des Ellenbogengelenkes	13
4.3	Arthrose des Ellenbogengelenkes	17
4.3.1	Pathophysiologische Aspekte	17
4.3.2	Klinik	18
4.3.3	Diagnostik	18
4.3.4	Therapie	20
5	Ziel der Arbeit	21
6	Methodik	22
6.1	Literaturrecherche	22
6.2	Patienten	22
6.2.1	Patientenkollektiv	22
6.2.2	Radiologische Diagnostik	23
6.2.3	Arthroskopie und Klassifikation des Knorpelschadens	25
6.2.4	Whole Organic Arthroscopic Elbow Score	28
6.2.5	Statistische Analyse	29
7	Ergebnisse	30
7.1	Literaturrecherche	30
7.2	Patientenkollektiv	38
7.2.1	Allgemeine Patientendaten	39
7.2.2	Radiologische Veränderungen	41
7.2.3	Knorpelschäden der einzelnen Gelenkflächen	43
7.2.4	Korrelation des WOAES	45
7.2.5	Geschlechtsspezifische Analyse der beruflichen Belastung	49
8.	Diskussion	52
9.	Schlussfolgerungen	61
10.	Literatur- und Quellenverzeichnis	62
11.2	Veröffentlichte wissenschaftliche Arbeiten	69
11.3	Abbildungsverzeichnis	70

11.4 Tabellenverzeichnis	73
11.6 Ehrenwörtliche Erklärung	75

2 Abkürzungsverzeichnis

BKV	Berufskrankheiten-Verordnung
BMAS	Bundesministerium für Arbeit und Soziales
BMI	Body Mass Index
ca.	circa
COPCORD	Community Oriented Program for the Control of Rheumatic Diseases
et al.	et alii (und andere)
h	Stunde
Hz	Hertz
ICRS	International Cartilage Repair Society
ms	Millisekunde
n	Anzahl
p	Signifikanz
PRISMA	Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses
WOAKS	Whole-Organ Arthroscopic Knee Score
WOAES	Whole-Organ Arthroscopic Elbow Score
WORMS	Whole-Organ Magnetic Resonance Imaging Score
z. B.	zum Beispiel
%	Prozent

3 Zusammenfassung

Mit zunehmendem Alter steigt das Risiko an einer Arthrose zu erkranken. 30% bis 50% der über 65jährigen leiden unter dieser Erkrankung (Lawrence et al. 2008, Murphy et al. 2008). Die Arthrose der großen Gelenke wie zum Beispiel des Knie- oder Hüftgelenkes ist in der medizinischen Literatur gut repräsentiert. Hingegen finden sich zu der degenerativen Erkrankung des Ellenbogengelenkes wenige Daten.

Ziel dieser Arbeit ist es, mögliche Risikofaktoren der Arthrose des Ellenbogengelenkes zu evaluieren.

Hierzu erfolgte eine systematische Literaturrecherche. Es wurden Publikationen, die vor dem 01.01.2016 erschienen sind einbezogen. Als Datenbanken wurden PubMed, Medline, Cochrane, EMBASE und Web of Science genutzt. Letztendlich wurden bis zum Stichtag acht Publikationen gefunden, die mögliche Risikofaktoren zur Entstehung der Ellenbogengelenksarthrose analysierten. Zusätzlich wurden Patienten aus einer Praxis-klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie mit Beschwerden im Ellenbogengelenk untersucht. Bei allen Patienten erfolgten eine radiologische Diagnostik und eine Arthroskopie des Ellenbogengelenkes. In die statistischen Untersuchungen gingen anthropometrische Daten, Nebenerkrankungen, der radiologische Befund, das Ausmaß des Knorpelschadens und verschiedene berufliche und sportliche Belastungskriterien ein.

Durch die Literaturrecherche konnten vier Studien gefunden werden, die sich auf Sportler beziehen, drei Studien stellten einen Bezug zur beruflichen Beanspruchung des Ellenbogengelenkes dar und eine Bevölkerungsstudie wurde gefunden.

So beschrieben Bovenzi et al. und Lawrence bei Minenarbeitern und Arbeitern in der Stahlindustrie eine signifikant höhere Prävalenz der Ellenbogengelenksarthrose im Vergleich zu Arbeitern mit einer leichteren Tätigkeit (Bovenzi et al. 1987, Lawrence 1955). In einer kleinen Fallstudie stellten Mintz und Fraga bei Arbeitern einer Gießerei deutliche radiologische Veränderungen im Sinne einer Degeneration des Ellenbogengelenkes dar. Weiterhin fanden sie, die für die Arthrose pathognomonischen Bewegungseinschränkungen (Mintz und Fraga 1973). In den vier gefundenen Studien zur Arthrose des Ellenbogengelenkes bei Sportlern, beschrieben alle Autoren ausgeprägte radiologische Veränderungen und Bewegungseinschränkungen (Neusel et al. 1987, Maffulli et al. 1992, Gore et al. 1980, Schmitt et al. 2001). Unter den Publikationen fand sich eine Bevölkerungsstudie, die Aussagen zur Prävalenz der Arthrose im Ellenbogengelenk traf. In dieser Studie konnte eine Gesamtprävalenz der Ellenbogengelenkarthrose von 2,9% ermittelt werden. Als Risikofaktoren wurden Alter, niedriger sozioökonomischer Status, Zigarettenkonsum, Übergewicht und kardiovaskuläre Erkrankungen identifiziert.

In dem eigens untersuchten Patientenkollektiv wurde eine Zunahme der Knorpelschäden mit steigendem Lebensalter beobachtet. Zudem wiesen die Männer eine höhere Prävalenz auf. Eine signifikante Zunahme der Knorpelveränderungen wurde durch repetitive Arbeiten, Arbeiten mit Vibrationsbelastung und insbesondere durch Arbeiten mit niederfrequenten Werkzeugen beobachtet. Durch eine sportliche Betätigung im Allgemeinen und auch durch die Ausübung einer das Ellenbogengelenk belastende Sportart konnte in der Untersuchung keine Zunahme der Knorpelschäden beobachtet werden. Gleiches gilt für vorbestehende Verletzungen. Andere Kofaktoren wie zum Beispiel Adipositas, Nikotinabusus, Diabetes mellitus, rheumatische Erkrankungen und die Hyperurikämie führten zu keiner Zunahme des arthroskopisch evaluierten Ausmaßes des Knorpelschadens.

Im Rahmen der Berufskrankheitenverordnung findet lediglich die Arbeit mit vibrierenden Werkzeugen im Niedrigfrequenzbereich als Risikofaktor für die Entstehung der Arthrose Anerkennung. Jedoch scheinen auch eine hohe manuelle Repetition, eine hohe Kraftaufwendung und auch die Arbeit mit vibrierenden Werkzeugen im höheren Frequenzbereich einen Risikofaktor darzustellen. Ebenso tritt diese Erkrankung gehäuft bei Profisportlern, insbesondere im Bereich von Wurf sportarten auf. Weiterhin scheint die Prävalenz mit zunehmendem Lebensalter zu steigen.

Um jedoch eine generelle Aussage zu den Risikofaktoren der Arthrose im Ellenbogengelenk zu treffen und insbesondere eine Aussage zur Entstehung im Rahmen einer besonderen beruflichen Belastung, wären jedoch prospektive Längsschnittstudien mit einer höheren Fallzahl nötig.

4 Einleitung

4.1 Anatomie des Ellenbogengelenkes

Im Ellenbogengelenk artikulieren Humerus, Radius und Ulna miteinander. Als zusammengesetztes Gelenk im *Articulatio cubiti* sind die *Articulationes humeroulnaris*, *humeroradialis* und *radioulnaris proximalis* von einer gemeinsamen Gelenkkapsel umschlossen.

Das *Humeroulnargelenk* (*Articulatio humeroulnaris*) wird von der *Trochlea humeri* und der *Incisura trochlearis ulnae* gebildet. Die *Trochlea humeri* bildet die Form eines Doppelkegels. Unterhalb der Epikondylen verläuft quer die Achse der beiden Kegel. Der Knorpelüberzug der *Trochlea humeri* ist ventral auf der ulnaren Seite höher als auf der radialen Seite. Dorsal erstreckt sich die Gelenkfläche radial weiter nach proximal als nach ulnar. Die *Trochlea humeri* wird zangenartig von der *Incisura trochlearis ulnae* umfasst. Im Gegensatz zu Kindern findet man bei Erwachsenen nur in Ausnahmefällen eine zusammenhängende Gelenkfläche. Im knorpelfreien Bereich ist der Knochen von *Synovialis* bedeckt und ragt kammartig in die Gelenkhöhle vor.

Im *Humeroradialgelenk* (*Articulatio humeroradialis*) korrespondieren das *Capitulum humeri* und die *Fovea articularis radii* miteinander. Das *Capitulum humeri* gleicht einem Kugelausschnitt mit unterschiedlichen Krümmungsradien. In der gegenüberstehenden ovalen flachen Grube der *Fovea articularis radii* ist der Gelenkknorpel im Zentrum dünner als an den Rändern. In seiner Form als Kugelgelenk besitzt jedoch das *Humeroradialgelenk* nicht dessen Freiheitsgrade, da der Radius über das *Ligamentum anulare radii* an der Ulna gefesselt ist. Ein sogenanntes Übergangsgelenk wird zwischen der *Articulatio humeroradialis* und der *Articulatio humeroulnaris* vom *Sulcus capitulotrochlearis* und der *Lunula obliqua* des Radiusköpfchens gebildet.

Das proximale *Radioulnargelenk* (*Articulatio radioulnaris proximalis*) ist ein Radgelenk. In ihm stehen sich die *Circumferentia articularis radii*, die *Incisura radialis ulnae* und das *Ligamentum anulare radii* gegenüber. Der Krümmungsradius der *Incisura radialis ulnae* ist größer als die Krümmungsradien der Zirkumferenz des Radius. Dadurch besteht zwischen den Gelenkkörpern stets nur ein partieller Kontakt. In Mittelstellung des Gelenkes ist die Kontaktfläche der Gelenkflächen am größten. Das ca. ein Zentimeter breite, kräftige *Ligamentum anulare radii* umgibt etwa 4/5 des Radiuskopfes. In dem der *Incisura radialis ulnae* gegenüberliegenden Abschnitt werden Druckkräfte zwischen dem

Ringband und der Circumferentia articularis radii übertragen. In diesem gelenknahen Bereich sind Knorpelzellen eingelagert.

Die drei in der Articulatio cubiti vereinigten Gelenke sind von einer gemeinsamen Kapsel umgeben. Diese ist ventral und dorsal weit und dünn. Die seitliche Verstärkung gewährleisten die Kollateralbänder Ligamentum collaterale ulnare et radiale (Leonhardt et al. 2003). Die anatomischen Strukturen sind in den Abbildungen 1 - 3 dargestellt.

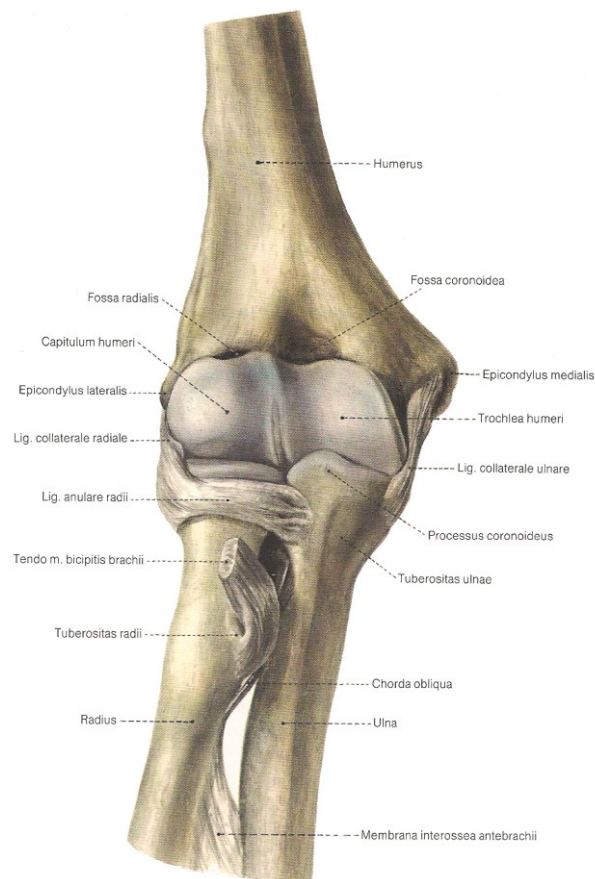


Abbildung 1: Rechtes Ellenbogengelenk in der Ansicht von ventral
(Leonhardt et al. 2003)

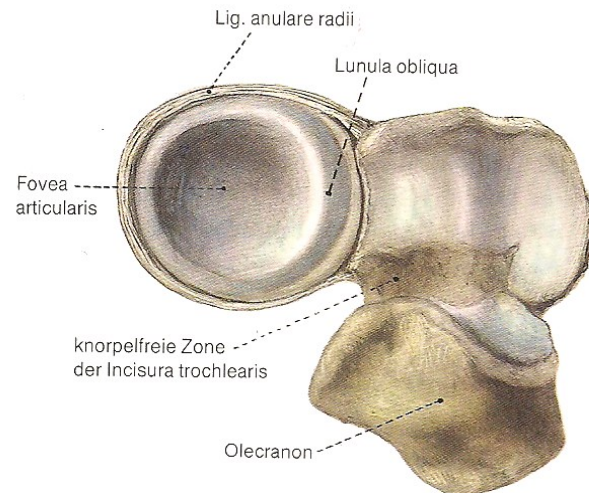


Abbildung 2: Proximale Gelenkfläche von Elle und Speiche der rechten Seite in der Ansicht von proximal

(Leonhardt et al. 2003)

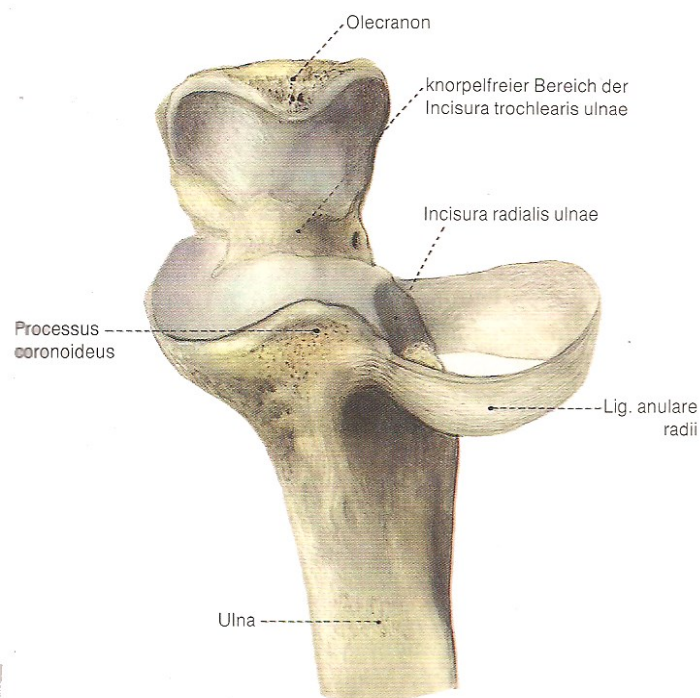


Abbildung 3: Proximaler Abschnitt einer rechten Elle mit Ringband in der Ansicht von ventral

(Leonhardt et al. 2003)

Die Fläche des Ellenbogengelenkes ist in den nicht überknorpelten, intrakapsulären Gelenkabschnitten mit der Membrana synovialis überzogen. Binnen dieser inneren Schicht der Capsula articularis grenzt man die synoviale Deckschicht (synoviale Intima) von der

subintimalen Schicht ab. Diese stellt die Verbindung zur äußeren Schicht der Gelenkkapsel der Membrana fibrosa her. Die synoviale Intima besteht aus ein bis vier Lagen Synovialozyten. Unterschieden werden die makrophagenähnlichen A-Zellen und die fibroblastenähnlichen B-Zellen. Beide Zelltypen sind an der Produktion der Synovia beteiligt. Die Synovia (Gelenkschmiere) ist eine klare, leicht gelbliche, fadenziehende Flüssigkeit. Sie entsteht als Dialysat des Blutplasmas und als Sekretionsprodukt der Synovialozyten. Ein wichtiger Bestandteil der Synovia ist die wasserbindende Hyaluronsäure. Zudem finden sich Proteine, Glucose und wenige Zellen wie abgestorbene Synovialozyten, Lymphozyten, Monozyten und Granulozyten in der Synovialflüssigkeit. Die Gelenkflüssigkeit ernährt den Gelenkknorpel, ermöglicht ein nahezu reibungsloses Gleiten und hat eine „Stoßdämpferfunktion“. Die Membrana synovialis ist mit reichlich Blut- und Lymphgefäßen versorgt. Es kommen in der subintimalen Schicht freie Nervenendigungen und Pacini-Körperchen vor.

Bei dem Gelenkknorpel des Ellenbogengelenkes handelt es sich um hyalinen Knorpel. Er unterscheidet sich in seinem Aufbau vom übrigen hyalinen Knorpel der Skelettanlage durch Fehlen des Perichondriums und eines Gefäßnetzes. Die Chondrozyten bilden die aus Wasser, Proteoglykanen, Glykoproteinen, Kollagenfibrillen, Lipiden und Elektrolyten bestehende extrazelluläre Matrix. Von ihr hängen im Wesentlichen die mechanischen Eigenschaften des Gelenkknorpels ab. Die Viskosität wird vom Gehalt an Proteoglykanen beeinflusst. Für die Festigkeit und die Elastizität sind die Kollagenfibrillen verantwortlich. Im gesunden Knorpel wird das Kollagen der Kollagenfibrillen dem Typ II zugeordnet. Bezüglich der Anordnung der Kollagenfibrillen hat sich das Arkadenschema von Benninghoff durchgesetzt (Abbildung 4). Hiernach steigen die Fibrillen aus der Tiefe senkrecht von der Knochen-Knorpel-Grenze zur Oberfläche. Im oberen Drittel biegen sie sich bogenförmig um und verlaufen tangential zur Gelenkoberfläche. Nach Zellmorphologie, Verlauf der Kollagenfibrillen und Verteilung der interfibrillären Grundsubstanz wird der hyaline Gelenkknorpel von der Basis bis zur Oberfläche in vier Zonen gegliedert: Zone des mineralisierten Knorpels (Zone IV), Radiärzone (Zone III), Übergangszone (Zone II) und Tangentialzone (Zone I).

Nach Abschluss des Wachstums bleibt die mineralisierte Zone Ort des Knochenumbaus und Knochenneubildung. Sie überträgt Druck von dem über ihr liegenden deformierbaren Gelenkknorpel auf das unter ihr liegende feste Knochengewebe und besitzt somit eine wesentliche mechanische Bedeutung. In ihrer extrazellulären Matrix sind Kalziumsalzkristalle eingelagert. Die breiteste Schicht des Gelenkknorpels bildet die Radiärzone (Zone III). Die Kollagenfibrillen stehen senkrecht zur Oberfläche und haben

vergleichsweise den größten Durchmesser. Die hier liegenden Chondrozyten weisen reichlich raues endoplasmatisches Retikulum auf, was für eine hohe Produktion von Extrazellulärmatrix spricht. In der Übergangszone (Zone II) überkreuzen sich die Kollagenfibrillen, um in der Tangentialzone (Zone I) parallel zur Knorpeloberfläche zu verlaufen. Die Kollagenfibrillen dieser Zone haben einen deutlich kleineren Durchmesser als die in der Radiärzone und aus ihrer trajektoriiellen Anordnung können Rückschlüsse auf die Beanspruchungsgröße einzelner Gelenkflächenabschnitte gezogen werden (Leonhardt et al. 2003).

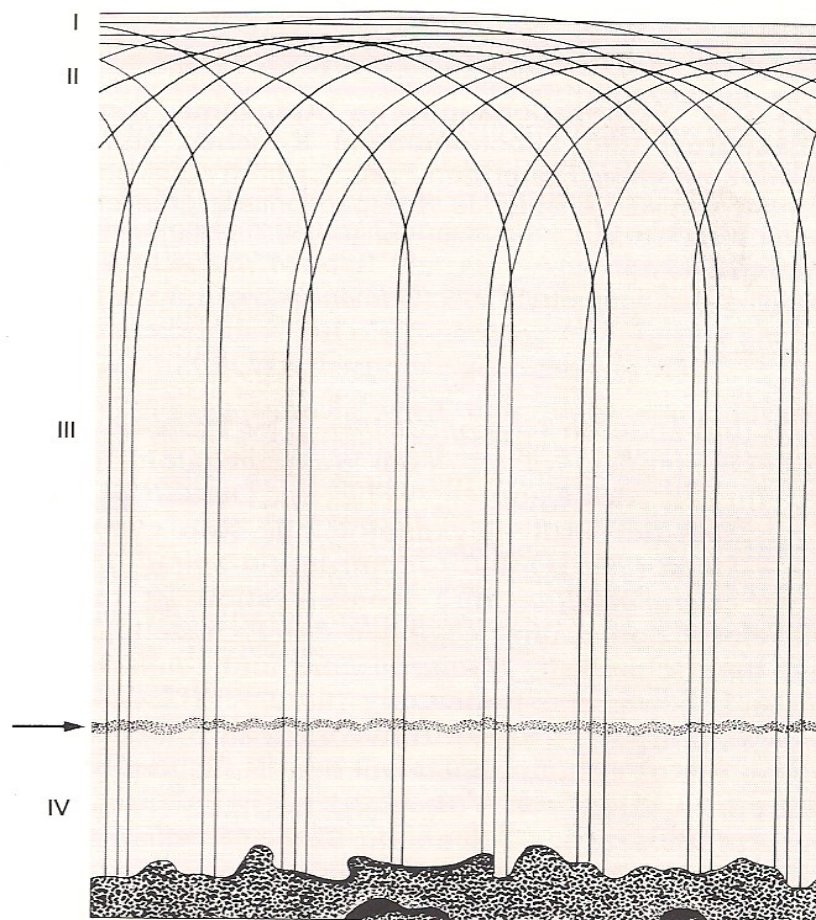


Abbildung 4: Schematische Darstellung des Verlaufes der Kollagenfibrillen im Gelenkknorpel

(Leonhardt et al. 2003)

4.2 Biomechanik des Ellenbogengelenkes

Mechanisch betrachtet ist die *Articulatio humeroulnaris* ein Scharniergelenk. Die Humerusrolle wird zangenartig von der Ulna umfasst. Hierdurch wird eine gute knöcherne Führung gewährleistet. Bei der Bewegung des Humeroulnargelenkes wird das Humeroradiargelenk mit einbezogen. Die Beugung und Streckung erfolgt somit in beiden Gelenken. Aus der Neutralnullstellung ist eine Beugung bis maximal 150° möglich. Bereits vorher kann die Flexion durch die Weichteile des Ober- und Unterarmes gehemmt werden. An der Beugung im Ellenbogengelenk sind hauptsächlich die *Musculi brachialis*, *biceps* und *brachioradialis* beteiligt. Eine Extension ist beim Erwachsenen über die Neutral-0-Stellung meist nicht möglich. Individuell kann bei Frauen und Kindern eine Extension um etwa 15° erfolgen. Die Streckung des gebeugten Armes erfolgt aktiv durch den *Musculus triceps brachii* und passiv durch die Schwerkraft.

Im proximalen und distalen Radioulnargelenk erfolgen die Drehbewegungen zwischen Radius und Ulna. Hierbei dreht sich der Radius um die Ulna, sodass bei der Drehbewegung auch das Humeroradiargelenk beteiligt ist. Die hieraus resultierende Umwendbewegung der Hand wird als Pronation (Vorwärtswendung) und Supination (Rückwärtswendung) bezeichnet. Sowohl die Pronation als auch die Supination ist um 80° - 90° möglich. Bei der Pronation überkreuzt der Radius die Ulna. Die Bewegung wird von den *Musculi pronator quadratus* und *pronator teres* ausgeführt. Hauptsächlich wird hier der Radius beansprucht. Die Supinationsbewegung wird durch die *Musculi supinator* und *biceps brachii* bewerkstelligt (Leonhardt et al. 2003).

Die Stabilität des Ellenbogengelenkes wird durch seine enge knöcherne Führung insbesondere im humeroulnaren Gelenkanteil erzielt. So gewähren der *Processus coronoideus* wie auch das *Olecranon* den entscheidenden statischen Widerstand gegen anterior-posteroren bzw. posterioranterioren Translationsstress. Der *Musculus brachialis* sowie der *Musculus biceps* sind dynamische Stabilisatoren gegen anteriorposteriore Krafteinwirkung. Gegenüber posterioranteriorer Gewalt stellt der *Musculus triceps brachii* einen dynamischen Stabilisator dar. Gegenüber einer Abduktionskraft (Valgusstress) wirken mehrere Stabilisatoren. Die entscheidende Komponente ist das *Ligamentum collaterale ulnare*. Bei einer Beugung im Ellenbogen von 90° ist es mit über 50% des Widerstandes gegen einen Valgusstress beteiligt. Zudem bildet das Radiusköpfchen ein knöchernes Widerlager zur Abduktionskraft und verringert daher die auf das mediale Kollateralband wirkenden Zugkräfte. Bei vollständiger Streckung des Ellenbogens sind die ventrale Kapsel und die Muskulatur mit ca. 40% am Widerstand gegenüber dem Valgusstress beteiligt.

Entgegenwirkende Stabilisatoren einer Adduktionskraft (Varusstress) sind die humeroulnare Gelenkfläche, das Ligamentum collaterale laterale und die ventrale Gelenkkapsel. Den entscheidenden Anteil besitzt die humeroulnare Gelenkfläche. Bei vollständiger Streckung im Ellenbogen gewährleistet sie über 50% und bei Beugung sogar 75% des Widerstandes. Gegenüber Distraktion besitzt das mediale Kollateralband mit einem Anteil von 80% des Gesamtwiderstandes eine herausragende Bedeutung. Zudem ist insbesondere bei Streckung die Gelenkkapsel ein entscheidender Stabilisator gegenüber einer Distraktion. Bei einer axialen Kompression auf das gestreckte Ellenbogengelenk kommt es zu einer ungleichmäßigen Kräfteverteilung auf die Teilgelenke. Das humeroradiale Gelenk nimmt hierbei ca. 60% der Kraft auf und die humeroulnare Gelenkfläche nimmt ca. 40% der einwirkenden Kraft auf. Rotationskräften wirken vor allem das laterale und mediale Kollateralband sowie die vordere Gelenkkapsel entgegen (Josten und Lill 2001). Die humeroulnare Gelenkachse in der Frontalebene verläuft durch das Zentrum des Capitulum humeri sowie durch die Längsachse der Trochlea. Im Verlauf der Flexion im Ellenbogen wandert diese Gelenkachse geringfügig nach ventral. Somit bildet sich in der Frontalebene ein nach medial offener Winkel von ca. fünf bis acht Grad zur Humeruslängsachse. Die Gegenfläche der Ulna weist zusätzlich eine Valgusangulation von ca. drei bis sechs Grad zur Längsachse der Ulna auf. Der Winkel zwischen der Längsachse der Ulna und der Längsachse des Humerus entspricht dem Tragewinkel. Bei vollständiger Extension im Ellenbogengelenk variiert er zwischen 5° und 15° . In der Sagitalebene weist das Kondylenmassiv eine Angulation nach ventral von 30° auf. Demzufolge befindet sich die humeroulnare Gelenkachse von lateral gesehen auf der Höhe der ventralen Kortikalis des Humerusschaftes. Entsprechend ist die Gelenkfläche der Incisura trochlearis kompensatorisch 30° zur Längsachse der Ulna nach dorsal abgewinkelt (Josten und Lill 2001).

Biomechanisch betrachtet können verschiedene Krafteinwirkungen zu Verletzungen des Ellenbogengelenkes führen. Rotationskräfte führen bei nahezu allen indirekten Traumen zu periartikulären Weichteilrupturen. So beschreibt O'Driscoll eine von lateral nach medial fortlaufende Schädigung kapsuloligamentärer Strukturen durch einwirkende Rotationskräfte (O'Driscoll et al. 1991). Bei einer axialen Kompression kommt es nach Josten und Lill zu einer ungleichen Kraftverteilung auf die einzelnen Gelenkflächen des Ellenbogengelenkes (Josten und Lill 2001). Der Grad der Flexion während der axialen Krafteinwirkung ist ausschlaggebend für die Entstehung der Frakturform (Amis et al. 1977). Bei vielen Wurfsporarten kommt es durch die Überkopfbewegung zu einem Valgusstress und einer Distraktionsbelastung (Chen et al. 2001). Am profundesten untersucht ist die

Biomechanik des Werfens bei Baseballwerfern (Braatz und Gogia 1987, Hang et al. 1979). Biomechanisch wird die Wurfbewegung in vier Abschnitte unterteilt. In der Ausholphase (Abschnitt 1) wird der Wurfarm abgespreizt, nach außen rotiert und das Wurfobjekt hinter den Kopf geführt. Nach dem Aufrichten der Oberkörpers (Abschnitt 2) folgt die Beschleunigungsphase (Abschnitt 3). In dieser Phase wird der Wurfarm sehr schnell innergedreht und das Wurfobjekt schnell über den Kopf nach vorne geführt. Diese Phase ist in Abbildung 5 dargestellt. In der letzten Phase, der Verzögerungs- oder Abbremsphase (Abschnitt 4) wird unmittelbar zu Beginn das Wurfobjekt losgelassen und die Bewegung abgebremst.

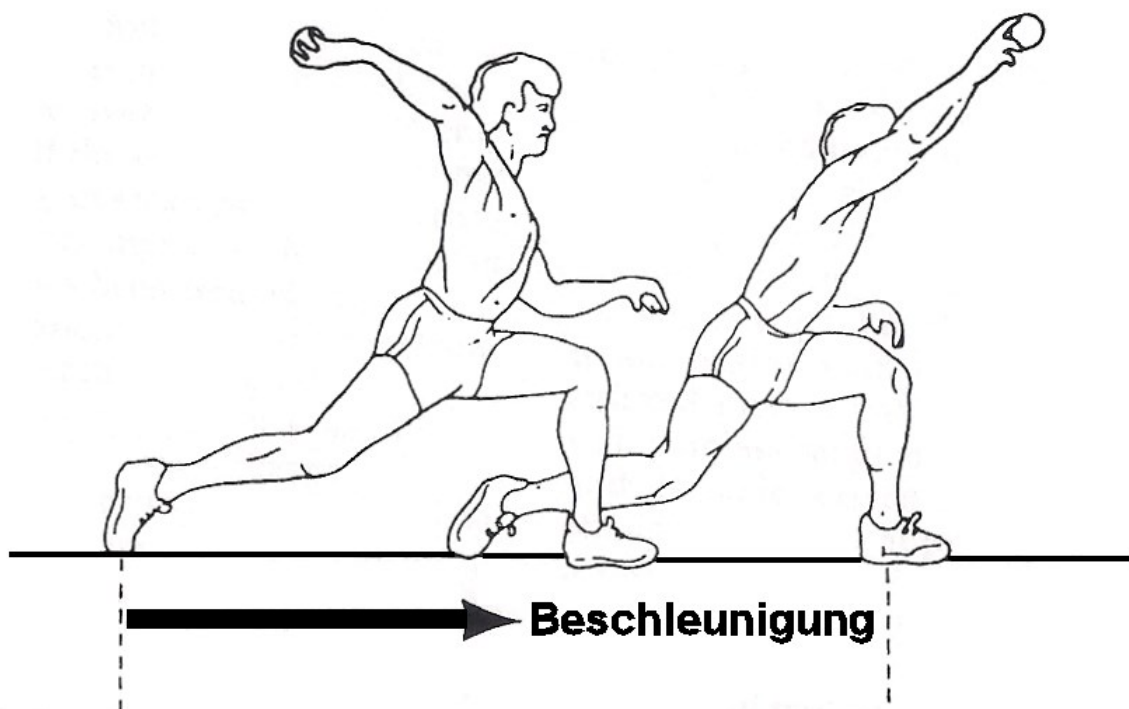


Abbildung 5: Darstellung der Beschleunigungsphase der Wurfbewegung eines Baseballwerfers

Während der Bewegung ist das Ellenbogengelenk einer bedeutsamen Belastung ausgesetzt (Morrey 1993).

Das Bewegungsausmaß des Ellenbogengelenkes während der Wurfbewegung verläuft von 120° Flexion bis zu 25° Extension. Die Beschleunigungsphase dauert bei professionellen Werfern lediglich 50ms (Caldwell und Safran 1885).

Diese Wurfbewegung ist eine der schnellsten Bewegungen des menschlichen Körpers, die zudem eine enorme Kraft- und Drehmomentbelastung für das Ellenbogengelenk darstellt (Chalmers et al. 2017). Neben dieser Belastung scheint die Ermüdung ein bedeutender prädiktiver Faktor für die Entstehung von Verletzungen zu sein (Campbell et al.

2010). Um das Verletzungsrisiko zu minimieren, wurden vom amerikanischen Major League Baseball Advisory Committee altersabhängige Richtlinien erstellt, die die Wurfzahl begrenzen und notwendige Erholungsphasen vorschreiben (Committee 2015).

4.3 Arthrose des Ellenbogengelenkes

4.3.1 Pathophysiologische Aspekte

Erstmals beschreibt William Hunter (1718 – 1783) im Jahr 1743 Knorpelschäden als irreversible Veränderungen am hyalinen Gelenkknorpel (Spahn et al. 2014). Die Arthrose ist definiert als eine in Stadien fortschreitende Gelenkerkrankung, die von einer strukturellen und funktionellen Beeinträchtigung des Gelenkknorpels ausgeht und durch Miteinbeziehung des subchondralen Knochengewebes sowie der Synovialmembran die Gelenkkörper deformiert (Riede et al. 2004). In Abhängigkeit der Ätiologie wird zwischen primärer und sekundärer Arthrose unterschieden. Die primäre Arthrose mit unklarer Ätiologie verläuft in vier Stadien. Initial kommt es zur oberflächlichen Aufrauung des Gelenkknorpels (Fibrillation). Schreitet die Fibrillation weiter fort und durchsetzt die ganze Knorpelschicht, lassen sich makroskopisch die Ulzerationen des Gelenkknorpels erkennen. Oberflächliches Knorpelgewebe wird mechanisch abgerieben und seitlich davon proliferieren die restlichen Chondrozyten zu kleinen Zellhaufen. Im dritten Stadium ist der gewichtsbelastete hyaline Knorpel vollständig verschwunden. Die knöcherne, hyperostotische Deckplatte ist freigelegt. Im randwärts liegenden Knorpelgewebe entstehen Nekrosen, die nach ihrem Abbau als Geröllzysten imponieren. Letztendlich liegt ein Ulcus im Bereich der subchondralen Knochenplatte mit direkter Eröffnung des spongiösen Markraumes vor. Das Knochengewebe reagiert im Randbereich des Gelenkes und bildet Randwülste, so genannte Osteophyten (Leonhardt et al. 2003). Im Laufe der Zeit wurden mehr und mehr äthiologisch bedeutsame Faktoren bekannt, sodass heute drei Subtypen der primären Arthrose unterschieden werden: Typ I: die genetisch determinierte Arthrose, Typ II: die östrogenabhängige Arthrose und Typ III: die altersabhängige primäre Arthrose (Heijink et al. 2016).

Die sekundäre Arthrose entsteht im Rahmen einer äthiologisch bekannten Schädigung des Gelenkknorpels und entwickelt die gleichen morphologischen Veränderungen des Gelenkknorpels wie die primäre Arthrose. Eine Vielzahl von hereditären, metabolischen, entzündlichen oder neurologischen Grunderkrankungen können eine sekundäre Arthrose bedingen (Buckwalter 1983). Zudem können Verletzungen des Gelenkes wie z. B. gelenknahe Frakturen bei denen die Kongruenz der Gelenkflächen aufgehoben ist zu einer sekundären Arthrose führen (Spahn et al. 2017).

Aigner et al. postulierten, dass molekularbiologisch beiden Formen eine Veränderung der extrazellulären Matrix gemein ist. Diese sei bedingt durch eine vorzeitige Alterung der Chondrozyten und einer gesteigerten, nicht kompensierten Apoptose (Aigner et al. 2004).

4.3.2 Klinik

Klinisch imponiert die Arthrose durch Gelenkschmerzen und Bewegungseinschränkungen (Bancroft et al. 2013, Buckwalter et al. 2004, McAuliffe und Miller 2000). Da geringfügige Bewegungseinschränkungen meist nicht wahrgenommen werden, werden die Patienten bezüglich der Arthrose im Ellenbogengelenk erst mit einem eingeschränkten Bewegungsausmaß von $0^{\circ}/10^{\circ}$ - $20^{\circ}/50^{\circ}$ - 60° beim Arzt vorstellig. Für die meisten Alltagsaktivitäten ist ein Gesamtbewegungsausmaß für Extension/Flexion von 50° ausreichend (Morrey - Bogen) (Morrey 1993). Dies ist dadurch bedingt, dass die gesamte obere Extremität aufgrund der hohen Beweglichkeit im Schultergürtel und durch Kompensation der Bewegungen im Handgelenk solche initialen Bewegungseinschränkungen hervorragend kompensieren kann. Das maximale Bewegungsausmaß für die Supination und die Pronation durch Bewegungen im proximalen und distalen Radioulnargelenk beträgt $90^{\circ}/0^{\circ}/90^{\circ}$. Kommt es zu einer Einsteifung, ist eine Einwärts-Drehstellung von $20 - 40^{\circ}$ am günstigsten. Auch diese Einschränkung in der Unterarmdrehung wird vorwiegend durch den Schultergürtel ausgeglichen. Die Bewegungseinschränkung und der Schmerz bei maximaler Beanspruchung ist bei der Extension bedeutender als bei der Flexion, wobei die Rotation des Unterarmes selten eingeschränkt oder schmerzhaft ist (O'Driscoll 1993).

4.3.3 Diagnostik

Richtungweisend für die Diagnostik der Arthrose ist eine umfängliche Anamnese. Neben verschiedenen Systemerkrankungen spielen Verletzungen, chronische Überlastung, degenerative Veränderungen oder auch Voroperationen eine wesentliche Rolle. Abgesehen vom Alter sollen berufliche und sportliche Belastungen eruiert und deren Bewegungsabläufe erfasst werden. Nach Inspektion und Palpation wird die aktive und passive Beweglichkeit beurteilt. Verschiedene funktionelle Tests lassen Aussagen über Instabilitäten und Überlastungssituationen zu. Im Rahmen der neurologischen Untersuchung werden

die Muskelkraft, die Reflexe und die Sensibilität bewertet. Die apparative Diagnostik wird angeführt von der konventionellen Röntgenaufnahme, die nach wie vor als Basisdiagnostik für die weitere Behandlung von größter Bedeutung ist. Die radiologischen Veränderungen werden häufig in Anlehnung an den Kellgren-Lawrence-Score zur Beurteilung der Gonarthrose klassifiziert (Kellgren und Lawrence 1957). Broberg und Morrey publizierten 1986 einen Score zur Klassifikation der radiologisch nachweisbaren degenerativen Veränderungen des Ellenbogengelenkes. Die Gradeinteilung ist in der Tabelle 1 dargestellt (Broberg und Morrey 1986).

Tabelle 1: Radiologische Klassifikation nach Broberg und Morrey

1986 veröffentlichten Broberg und Morrey eine radiologische Klassifikation zur Beurteilung der degenerativen Veränderungen des Ellenbogengelenkes. Diese umfasst vier Grade (Broberg und Morrey 1986).

Grad 0	Normalbefund
Grad 1	Leichte Verschmälerung des Gelenkspaltes und minimale osteophytäre Formationen
Grad 2	Moderate Verschmälerung des Gelenkspaltes und moderate definitive osteophytäre Formationen
Grad 3	Schwere degenerative Veränderungen mit grober Destruktion des Gelenkes

Die Magnetresonanztomografie erlaubt neben der Beurteilung von knöchernen Veränderungen eine ausgezeichnete Bewertung der umgebenden Weichteile (Josten und Lill 2001). Bezüglich der Arthrose ist jedoch die diagnostische Sicherheit unzureichend im Vergleich zur Arthroskopie (Theodoropoulos et al. 2012). Zunehmend an Bedeutung gewinnt die Arthrosonografie, da durch sie die Knochenoberfläche und die Gelenkkapsel gut dargestellt werden können. Die rein diagnostische Arthroskopie am Ellenbogengelenk ist eher die Ausnahme, da die Arthroskopie als operatives Instrumentarium bei bereits präoperativ gestellter Diagnose zu sehen ist. Der Einsatz der Computertomografie bleibt speziellen Fragestellungen wie zum Beispiel der Diagnostik von Frakturen vorbehalten (Josten und Lill 2001). Für die Diagnostik von Instabilitäten und Blockaden ist die Funktionsuntersuchung unter Durchleuchtung (Bildwandler) sinnvoll. Gehaltene Aufnahmen im Seitenvergleich bieten die Möglichkeit, Bandinstabilitäten nachzuweisen. Außerdem lässt

sich die Rotation des Radiusköpfchens, zum Beispiel bei Rupturen des Ligamentum anulare, hier oft besser darstellen, als in der Magnetresonanztomografie.

4.3.4 Therapie

Zahlreiche Leitlinien geben heutzutage Behandlungsrichtlinien vor. Von der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie wurde 2017 eine Leitlinie zur Diagnostik und Therapie der Gonarthrose veröffentlicht. Die European League Against Rheumatism (EULAR) publiziert ebenso wie die American Association of Orthopaedic Surgeons (AAOS) und die Osteoarthritis Research Society International Behandlungsleitlinien.

Eine Leitlinie zur Behandlung der Arthrose des Ellenbogengelenkes gibt jedoch nicht. Daher hat sich die Behandlung an den allgemeinen Leitlinien zu orientieren.

Therapeutisch stehen zunächst konservative Verfahren im Fokus. Diese dienen vorrangig der Schmerzreduktion, Kräftigung der Muskulatur und Verbesserung der Beweglichkeit. So findet zum Beispiel die Ultraschall- und die Elektrotherapie Anwendung. Analgetisch werden nichtsteroidale Antiphlogistika lokal und systemisch eingesetzt. Auch können lokale Injektionen mit Kortikosteroiden angewandt werden. Weiterhin stehen zahlreiche physiotherapeutische Konzepte zur Verfügung (Kromer 2004).

Ferner kann kurzzeitig eine Ruhigstellung durch verschiedene Orthesen erfolgen (McAuliffe und Miller 2000).

Vorrang in der operativen Therapie haben gelenkerhaltende Verfahren. Hier steht die Arthroskopie an erster Stelle. So kann minimalinvasiv ein Debridement des Gelenkes erfolgen, freie Gelenkkörper entfernt und Osteophyten abgetragen werden (McAuliffe und Miller 2000). Die Anwendung von Shavern zur Behandlung von Knorpelschäden sollte nur in Ausnahmefällen durchgeführt werden. Spahn et al. konnten nachweisen, dass dieses Verfahren, wie auch die unkontrollierte Anwendung von thermischer Energie zu einer erheblichen zusätzlichen Zerstörung des Gelenkknorpels führt (Spahn et al. 2014).

Der endoprothetische Gelenkersatz ist mit einer hohen Komplikationsrate von 18%-48% und einer daraus folgenden hohen Revisionrate von 22% behaftet. Somit ist eine strenge Indikationsstellung, wie eine deutliche Funktionseinschränkung und eine ausgeprägte Schmerzsymptomatik gegeben (Grayson und Decker 2012). Anzumerken ist, dass Jenkins et al. bestätigten, dass die Revisionsrate von der Expertise des Operateurs abhängt (Jenkins et al. 2013).

5 Ziel der Arbeit

Ziel dieser Arbeit war es Risikofaktoren für die Entstehung der Arthrose des Ellenbogengelenkes zu identifizieren.

Im Rahmen einer systematischen Literaturrecherche soll die Prävalenz der Gesamtbevölkerung dargestellt werden. Ebenso sollen bestimmte Risikofaktoren die zu einer erhöhten Prävalenz führen ermittelt werden.

Hypothetisch wird dabei angenommen, dass eine besondere berufliche oder sportliche Belastung als besonderer Risikofaktor für die Entstehung der Ellenbogengelenksarthrose anzusehen ist.

Im Gegensatz dazu sollen nichtberufliche Auslöser diskriminiert werden, die im Rahmen einer Begutachtung zur Berufskrankheit als konkurrierender Faktor gelten könnten.

Neben der Literaturrecherche sollen Patienten einer Fallserie untersucht werden. Es sollen neben verschiedenen anthropometrischer Daten, Nebenerkrankungen, vorbestehenden Verletzungen insbesondere die berufliche und die sportliche Belastung evaluiert werden. Radiologische Veränderungen sollen erfasst werden. Zusätzlich soll der Knorpelschaden arthroskopisch begutachtet werden.

Anhand der Ergebnisse sollen Zusammenhänge zwischen der Entstehung der Arthrose des Ellenbogengelenkes und einer besonderen Belastungssituation dargestellt werden und es sollen weitere Risikofaktoren diskriminiert werden.

Die Ergebnisse der statistischen Auswertung sollen diskutiert werden und mit der Literaturrecherche verglichen werden.

6 Methodik

6.1 Literaturrecherche

Die Literaturrecherche wurden entsprechend der PRISMA-Guidelines (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) durchgeführt (Moher et al. 2009). Für die systematische Literaturrecherche nutzte ich die Datenbanken des Online-Portal PubMed, Medline, Web of Science, EMBASE und Cochrane Library. Gesucht wurde nach Veröffentlichungen mit den Stichwörtern [Elbow AND Cartilage] sowie [Elbow AND Osteoarthritis] im Titel und in der Zusammenfassung. Berücksichtigt habe ich Publikationen, die vor dem 01.01.2016 erschienen sind. Die vorliegenden Arbeiten wurden von zwei unabhängigen Untersuchern geprüft. Ausgeschlossen wurden Duplikaturen, Fallkontrollstudien, Reviews, klinische Therapiestudien, paläopathologische und veterinärmedizinische Studien. Zudem wurden alle nicht englisch- oder deutschsprachigen Arbeiten verworfen. Hiernach fand eine Konsensuskonferenz der beiden Prüfer statt, um festzulegen, welche Arbeiten in die Volltextlesung einbezogen werden.

In die Analyse eingeschlossen wurden Studien, die einen Zusammenhang zur Entstehung der Arthrose des Ellenbogengelenkes mit einer beruflichen oder sportlichen Belastung erkennen ließen. Zudem wurden Bevölkerungsstudien einbezogen.

6.2 Patienten

6.2.1 Patientenkollektiv

In der eigenen Arbeitsgruppe wurden 92 Patienten untersucht, die aufgrund von Beschwerden im Ellenbogengelenk in der Praxisklinik für Unfallchirurgie und Orthopädie behandelt wurden und sich einer Arthroskopie des Ellenbogengelenkes unterzogen. In die Untersuchung eingeschlossen wurden Patienten ab einem Alter von 30 Jahren, ohne akutes Trauma im letzten Jahr und ohne Voroperationen. Ein zusätzliches Ausschlusskriterium war das Vorliegen einer Osteochondrosis dissecans, klinische Zeichen einer Epikondylitis, Bursitis oder vorhandene Sensibilitätsstörungen. Alle Patienten wurden hinsichtlich ihrer beruflichen und sportlichen Belastung des Ellenbogengelenkes befragt. Beurteilt wurden die Kraftanstrengung, die Vibration und die Repetition. Es erfolgte eine zeitlich abhängige Klassifikation pro Arbeitstag: 0 = keine Belastung, 1 = 0,5 h – 1 h, 2 =

1 h – 2 h, 3 = 2 h – 4 h, 4 > 4 h. Zusätzlich wurde die Belastung mit niedrigfrequenten Werkzeugen (<50 Hz) wie z. B. pneumatischen Hämmern entsprechend des Merkblattes zur Berufskrankheit 2103 der Anlage der Berufskrankheiten-Verordnung erfragt (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2005). Bestehende sportliche Aktivitäten von über zehn Jahren gingen in die Auswertung ein.

6.2.2 Radiologische Diagnostik

Bei allen Patienten erfolgte eine Standardröntgenaufnahme des Ellenbogens in zwei Ebenen. Die radiologische Klassifikation erfolgte nach Broberg und Morrey. Die Abbildung 6 und 7 demonstrieren degenerative Veränderungen des Ellenbogengelenkes Grad 3 nach Broberg und Morrey. Beispielhaft sind hier die Röntgenaufnahmen eines 59jährigen Patienten mit einer schweren Arthrose des rechten Ellenbogengelenkes dargestellt. Seit ca. fünf Jahren besteht eine zunehmende Bewegungseinschränkung der Extension und Flexion sowie eine weitgehend aufgehobene Unterarmdrehung. Beruflich übte der Patient eine schwere Ellenbogen-belastende Tätigkeit aus (Arbeit mit Pressluftgeräten und hoher Repetition als Klauenpfleger in der Rinderzucht). Es besteht eine fixierte Varus-Fehlposition. Radiologisch sind multikompartimentielle Arthrosezeichen (Sklerose und Osteophyten) nachweisbar. Zudem liegt eine vollständige Synostose des proximalen Radioulnargelenks als Ursache der gestörten Unterarmdrehung und ausgeprägte ventrale und dorsale Osteophyten als Ursache der gestörten Extension und Flexion vor.

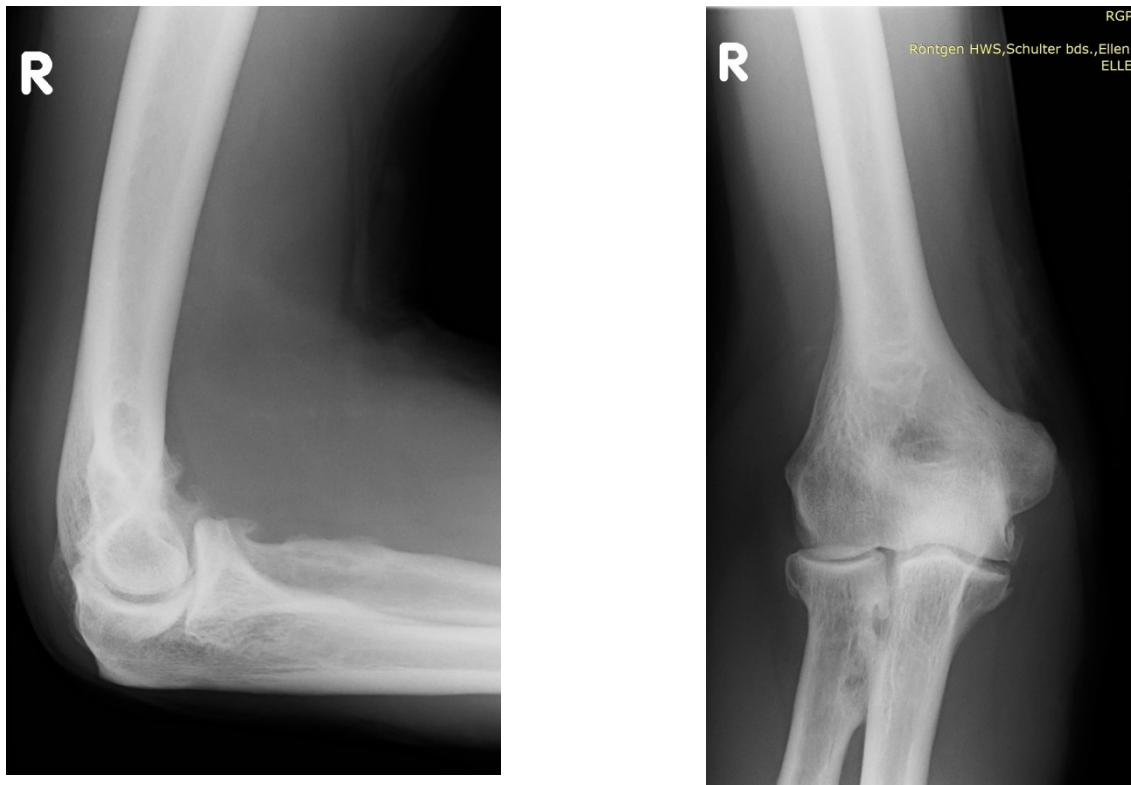


Abbildung 6: Radiologische Arthrose des rechten Ellenbogengelenkes



Abbildung 7: Radiologische Arthrose des rechten Ellenbogengelenkes, Detailausschnitt
Röntgenaufnahme des gleichen Patienten. Im Detailausschnitt ist die weitgehend vollständige Durchbauung im dorsalen Kompartiment erkennbar.

6.2.3 Arthroskopie und Klassifikation des Knorpelschadens

Die Arthroskopie wurde vom gleichen Operateur in Allgemeinanästhesie, mit Blutsperre und in Pronationsstellung durchgeführt. Der vorliegende Knorpelschaden wurde entsprechend der Kriterien der ICRS (International Cartilage Repair Society) nach Brittberg und Winalksi beurteilt (Brittberg und Winalski 2003). Der Score ist in der Abbildung 8 dargestellt.

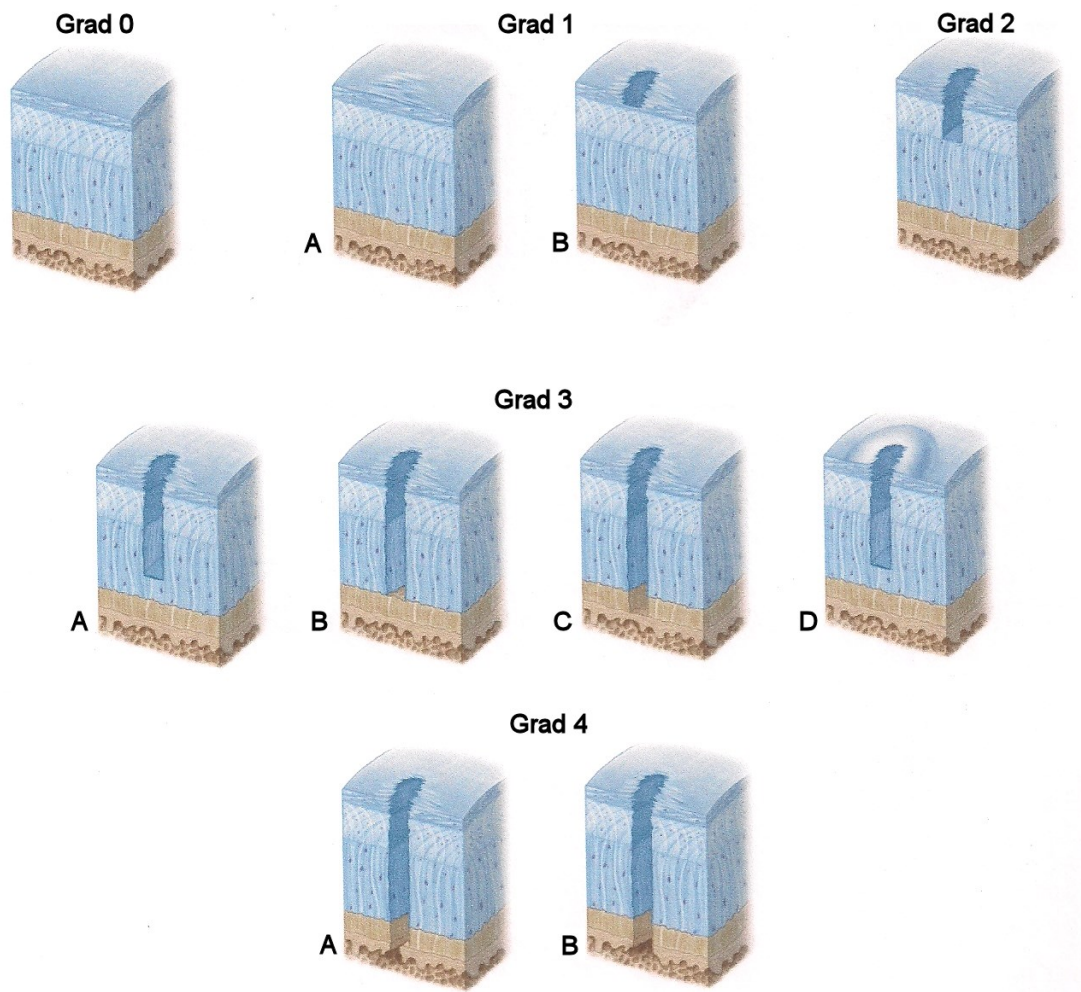


Abbildung 8: Schematische Darstellung ICRS

Grad 0: normaler Knorpel

Grad 1: minimale oberflächliche Läsionen, Fissuren

Grad 2: Knorpeldefekte bis zur Hälfte der Knorpeldicke

Grad 3: Knorpeldefekte über die Hälfte der Knorpeldicke hinaus

Grad 4: Knorpeldefekte über die gesamte Knorpeldicke mit Alteration des subchondralen Knorpels

Arthroskopische Bilder verdeutlichen die Befunde in den nachfolgenden Abbildungen 9 - 13.

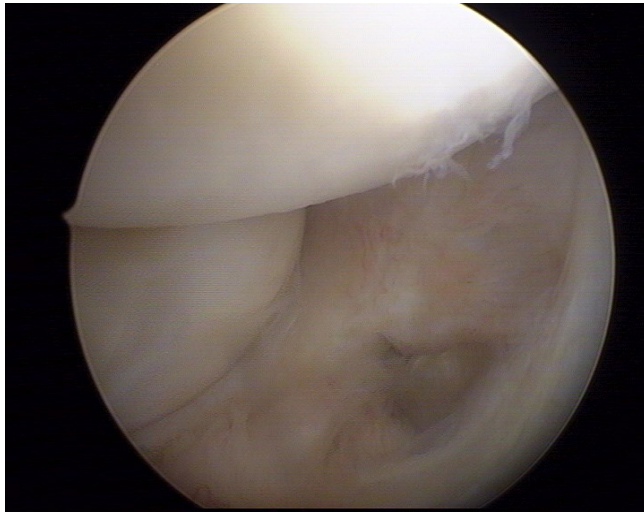


Abbildung 9: arthroskopischer Normalbefund

Zirkumferenz mit Ligamentum anulare und unauffälliges Capitulum radii.

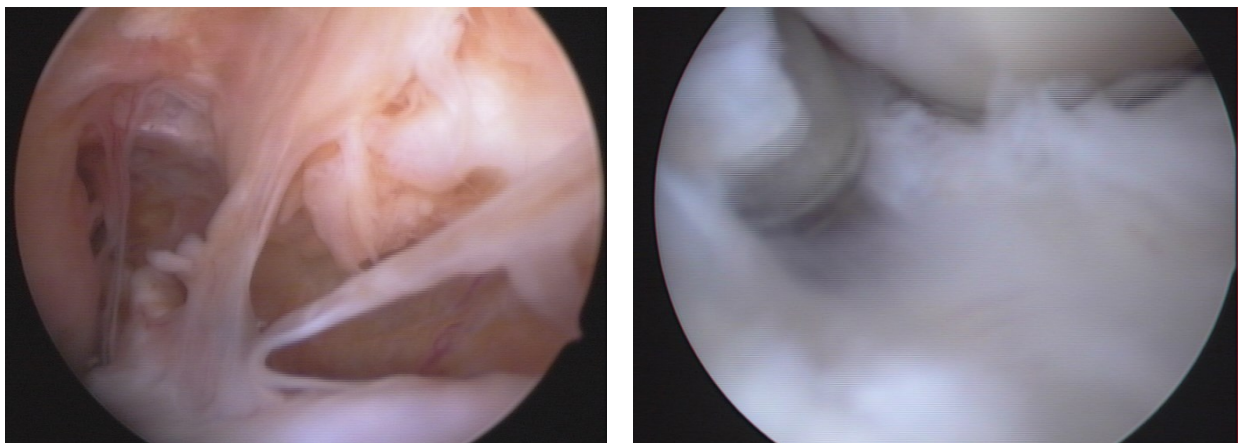


Abbildung 10: Synovitis chondritica (Grad III) mit zahlreichen freien Gelenkkörpern

Nach Auffüllen des Gelenkes mit Kochsalzlösung über den dorsalen Soft-Spot erfolgt die Anlage der ventralen Standard-Portale. Bei degenerativ veränderten Gelenken ist dabei häufig der gesamte ventrale Gelenkraum durch Adhäsionen und hypertrophe Synovia verbunden mit freien Gelenkkörpern ausgefüllt. Erst eine partielle bis subtotale Synovektomie, gegebenenfalls mit gleichzeitiger ventraler Kapsulotomie macht eine Diagnostik möglich. Zwischen beiden Portalen muss die Optik über Wechselstäbe getauscht werden.

Danach ist im unteren Bildabschnitt das Capitulum radii mit allenfalls geringgradigem Knorpelschaden (Grad I) erkennbar.

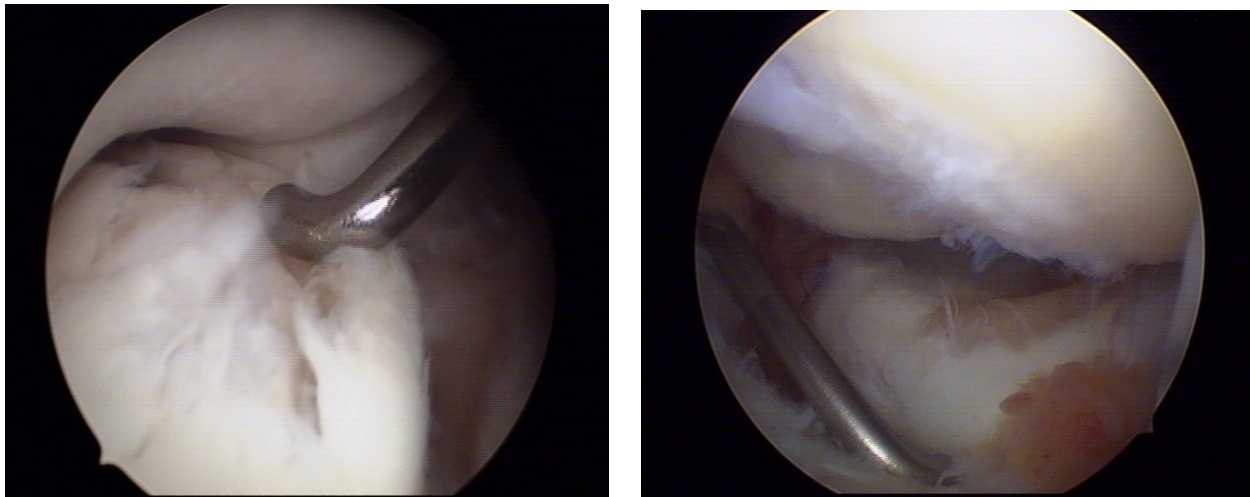


Abbildung 11: Schwerer Knorpelschaden (Grad III/IV) im Bereich der Zirkumferenz und der Fläche des Radiusköpfchens, im Hintergrund die Trochlea

Nach Umsetzen der Optik auf das ulnare Portal erfolgte das Débridement des Schadens und eine vorsichtige, Temperatur-kontrollierte Radiofrequenz-Chondroplastik. Knorpelschäden Grad II im Bereich des Capitulum radii. Solche Defekte bedürfen in der Regel keiner Therapie.

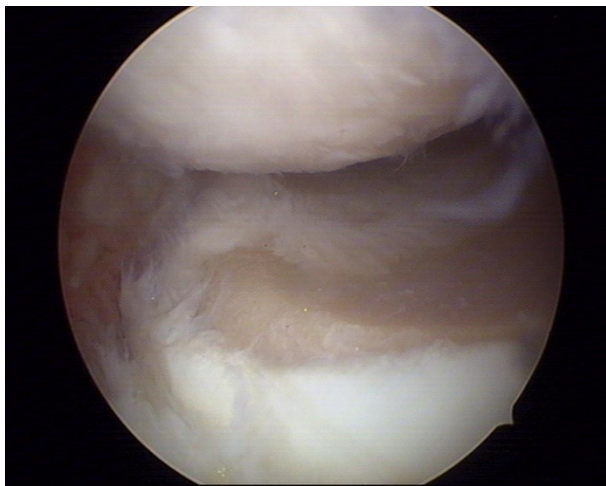


Abbildung 12: Schwerer Knorpelschaden (Grad IV) auf der Fläche des Radiusköpfchens

Bei diesem 38jährigen Patienten lag ein singulärer Knorpeldefekt vor, dieser Patient war einer Niederfrequenzschwingung (<50 Hz) exponiert. Gleichzeitig bestand bei diesem Patienten eine erhebliche Arthrose im Bereich des Handgelenkes. Es erfolgte eine Mikrofrakturierung nach Stedman und nachfolgend eine Hyaluronsäure-Behandlung. Durch den Eingriff konnte zwar eine weitgehend normale Ellenbogenfunktion in Bezug auf Beweglichkeit und Schmerzreduktion erreicht werden, allerdings war der Patient zur Aufgabe seiner Tätigkeit im Straßenbau (Exposition durch Niederfrequenzschwingung im Sinne einer BK Nummer 2103 der Berufskrankheitenverordnung gezwungen (BMAS 2005). Zudem wurde eine Arthrodese im Bereich des Handgelenkes erforderlich.

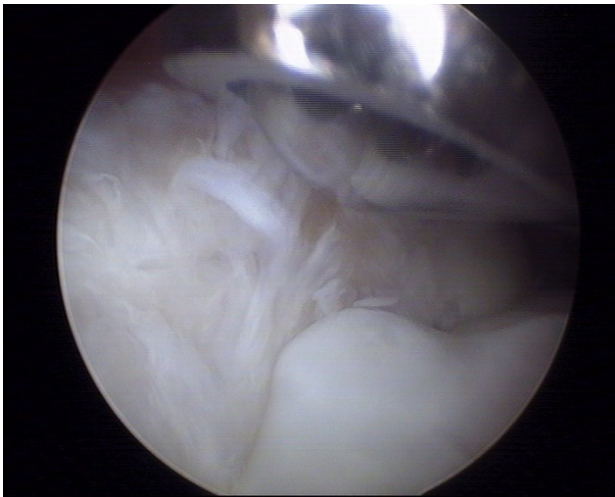


Abbildung 13: Fossa olecrani mit Knorpelschaden Grad III und im Bereich des Olecranons kleiner Osteophyt

Solche Osteophyten finden sich häufig bei Wurfspielern (Speerwerfer). Diese behindern endgültig die Streckung.

6.2.4 Whole Organic Arthroscopic Elbow Score

Peterfy et al. beschrieben 2004 den Whole-Organ Magnetic Resonance Imaging Score (WORMS) bei der Gonarthrose (Peterfy et al. 2004). 2008 wurden von Spahn et al. in Analogie zum WORMS, der Whole-Organ Arthroscopic Knee Score (WOAKS) beschrieben. Zur Darstellung des Ausmaßes des Knorpelschadens im Kniegelenk wurden die einzelnen Gelenkflächen arthroskopisch beurteilt, nach den ICRS Kriterien klassifiziert und summiert (Spahn et al. 2008). In Anlehnung an den WOAKS wurden ebenfalls von Spahn et al. der Whole-Organ Arthroscopic Elbow Score beschrieben (WOAES). Die Veränderungen des Gelenkknorpels des Capitulum humeri, der Trochlea humeri, der Fovea articularis radii, der Circumferentia articularis radii und der Incisura trochlearis ulnae wurden entsprechend des ICRS Kriterien bewertet und hieraus der Summenscore gebildet und als WOAES dargestellt (Spahn et al. 2017).

6.2.5 Statistische Analyse

Die statistische Auswertung wurde mit dem Programm IBM SPSS Statistics Version 25 (Chicago, IL, USA) verfasst. Die deskriptive Statistik umfasst Häufigkeitsanalysen und Mittelwertvergleiche.

Der Kendall-Tau-b-Test und der Chi-Quadrat Test nach Pearson wurde für die Auswertung der Korrelation zwischen einzelnen Variablen angewandt. Für Rangverteilungen wurde der Friedmann-Test genutzt. Für Zwischensubjekteffekte erfolgte die Varianzanalyse mittels UNIANOVA. Für die Mindestanforderung an das Signifikanzniveau galt $p < 0,05$. Die grafische Darstellung erfolgte je nach Abbildbarkeit in Boxplot- oder Punktdiagrammen.

7 Ergebnisse

7.1 Literaturrecherche

Von den insgesamt 1471 gefundenen Literaturstellen wurden 63 Duplikate und 123 weder deutsch- noch englischsprachige Veröffentlichung von der weiteren Analyse ausgeschlossen. Nach Durchsicht der verbliebenen 1285 Publikationen wurden weitere 1196 ausgeschlossen, da es sich um Fallberichte, Therapiestudien, veterinärmedizinische Publikationen oder paleopathologische Untersuchungen handelte. Somit konnten acht Arbeiten zur Arthrose des Ellenbogengelenkes ausgewertet werden. In der Abbildung 14 ist der Verlauf der Literaturrecherche dargestellt.

Vier der gefundenen Publikationen untersuchten die arthrotischen Veränderungen bei Sportlern. Drei Arbeiten stellten eindeutig den Bezug der degenerativen Ellenbogengelenkserkrankung zur beruflichen Belastung dar. Lediglich eine Bevölkerungsstudie beschrieb die Gesamtprävalenz der Arthrose im Ellenbogengelenk. Eine Übersicht über die relevanten Publikationen, deren Studiendesign und die Resultate sind in der Tabelle 2 dargestellt.

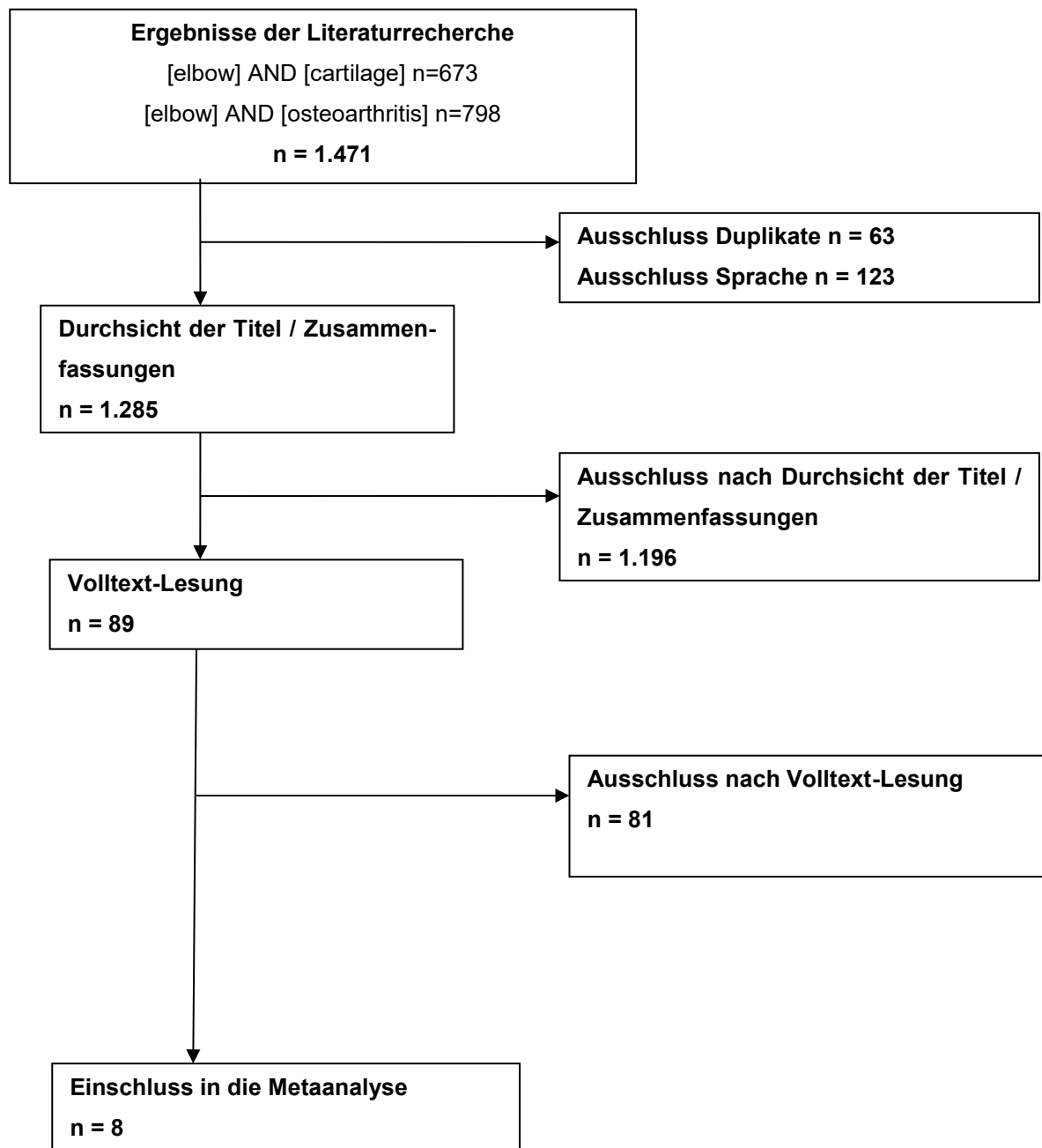


Abbildung 14: Flow-Chart der Metaanalyse

Tabelle 2: Übersicht über die eingeschlossenen Publikationen

Bovenzi et al. 1987	Kohortenstudie	67 Arbeiter der Stahlindustrie mit vibrierenden Geräten versus 46 Arbeiter mit vergleichbar schwerer Arbeit	Signifikant höhere Prävalenz für Gelenksbeschwerden obere Extremität
Mintz et Farga 1973	Fallstudie	8 Arbeiter einer Gießerei	Radiologischer Nachweis degenerativer Veränderungen des Ellenbogengelenkes bei allen Arbeitern, ebenso bei allen Bewegungseinschränkungen unterschiedlichen Ausmaßes in allen Ebenen
Lawrence 1955	Kohortenstudie	Vergleich von 221 Minenarbeitern mit 141 mit leichter Tätigkeit	Prävalenz der Arthrose im Ellenbogengelenk der Minenarbeiter 77,3% im Vergleich bei leichter Tätigkeit 0,7% Bei der Arbeit mit pneumatischen Hämmern betrug die Prävalenz 31% ohne diese Tätigkeit 16%
Neusel et al. 1987	Fallstudie	20 Speerwerfer	Radiologischer Nachweis degenerativer Veränderungen des Ellenbogengelenkes bei allen Athleten, ebenso bei allen Streckdefizit
Schmitt et al. 2001	Fallstudie	21 Speerwerfer	Radiologischer Nachweis degenerativer Veränderungen des Ellenbogengelenkes bei allen Athleten, ebenso Streckdefizit bei 10 und Beugedefizit bei 4 Sportlern
Maffulli et al. 1992	Fallstudie	12 Kunstturner	Radiologischer Nachweis degenerativer Veränderungen des Ellenbogengelenkes bei allen Sportlern
Gore et al. 1980	Fallstudie	29 Wurfsporler	Unterscheidung jugendlicher Sportler vs. Erwachsener, Beschreibung der radiologischen degenerativen Veränderungen
Zhang et al. 2014	Bevölkerungsstudie	7126 Einwohner der Provinz Shanxi, China	Prävalenz der Arthrose im Ellenbogengelenk 2,9%

Die Studie von Bovenzi et al. (Bovenzi et al. 1987) verglich radiologische und klinische Veränderungen im Bereich der oberen Extremität von 67 Arbeitern in der Stahlindustrie,

die durch ihre Tätigkeit Vibrationen im Bereich der oberen Extremität exponiert waren mit 46 Arbeitern mit vergleichbar schwerer körperlicher Arbeit ohne eine Vibrationsbelastung. Es erfolgte eine berufliche Anamnese und eine Eigenanamnese hinsichtlich neurologischer Erkrankungen und Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems. Die Muskel- und Gelenkbeschwerden der oberen Extremität wurden mittels Fragebogen erfasst. Erfragt wurden zudem traumatische Ereignisse und sportliche Aktivitäten. Alle Probanden wurden klinisch und radiologisch untersucht. Die Röntgenaufnahmen wurden von zwei unabhängigen Radiologen befundet. Laboruntersuchungen gaben Aufschluss über den Knochenstoffwechsel, schlossen Autoimmunerkrankungen und Störungen im Harnsäurestoffwechsel aus. Die Vibrationen wurden über den Handgriff der Arbeitsgeräte in drei senkrechten Achsen gemessen und hieraus ein Vierstundenenergieäquivalent für jeden Arbeiter berechnet.

Erfasst wurden Alter, anthropometrische Daten, Arbeitszeit und Vierstundenenergieäquivalent. Unterschiede zwischen beiden Gruppen in den biochemischen und immunologischen Laborparametern wurden nicht gefunden.

Die Prävalenz für Gelenkbeschwerden der oberen Extremität lag in der Gruppe mit Vibrationsbelastung mit 71,6% signifikant höher als in der Kontrollgruppe mit 56,4%. Signifikant häufiger traten zudem Gelenkbeschwerden im Hand- und Ellenbogengelenk auf. Gleiches galt auch für Muskelschmerzen und für eine Abnahme der Muskelkraft. Für Schulter- und Nackenbeschwerden fand sich kein Unterschied, ebenso konnte keine Altersabhängigkeit der Gelenkbeschwerden aufgezeigt werden wohl aber mit zunehmendem Alter eine Minderung der Muskelkraft. Tendenziell nahmen die Muskel- und Gelenkbeschwerden mit Steigerung der vibrierenden Tätigkeit zu. Eine statistische Signifikanz konnte nicht nachgewiesen werden.

Die radiologischen Untersuchungen zeigten eine Signifikanz für die Ausbildung eines Olekranonsporns sowie degenerativer Veränderungen im Handgelenk in der betroffenen Gruppe. Die Zunahme korrelierte mit der Dauer der Tätigkeit. Häufiger waren auch arthrotische Veränderungen und periartikuläre Verkalkungen im Ellenbogengelenk, jedoch ohne Signifikanz. Eine Altersabhängigkeit wurde nicht gefunden. Die subjektiven Beschwerden zeigten keine signifikante Abhängigkeit vom radiologischen Befund.

Die Verfasser resümierten, dass nicht nur die Arbeit mit vibrierenden Geräten sondern auch die damit verbundene körperlich schwere Arbeit in additiver Weise zur Entstehung von Gelenkerkrankungen beiträgt.

Mintz und Fraga (Mintz und Fraga 1973) untersuchten acht Arbeiter aus einer Gießerei. Um heiße Metallstangen aus einer Maschine zu ziehen, zu halten, zu drehen und zur Weiterverarbeitung in eine andere Maschine einzulegen, wird eine Zange (50 oder 85 cm lang) benutzt. Die ausschließlich männlichen Arbeiter hatten ein durchschnittliches Alter von 54,6 Jahren und übten durchschnittlich 14,2 Jahre konstant für acht Stunden pro Arbeitstag diese Tätigkeit aus. Aufgefallen ist, dass das Hauptsymptom nicht der Schmerz, sondern die Bewegungseinschränkung im Ellenbogengelenk war. Lediglich drei Arbeiter gaben intermittierend leichte bis mittlere Schmerzen an. Sie beschrieben eine Zunahme der Beschwerden bei Bewegung oder beim Tragen schwerer Lasten. Gelegentlich trat Morgensteifigkeit im Ellenbogengelenk auf. Bei allen Arbeitern konnte ein Defizit im Bewegungsausmaß des Ellenbogengelenkes festgestellt werden.

Es wurden im Mittel nach 4,2 Arbeitsjahren im rechten Ellenbogengelenk ein Bewegungsausmaß der Extension / Flexion von $49^{\circ}/92^{\circ}$ und im linken Ellenbogengelenk von $41^{\circ}/109^{\circ}$ erfasst. Durchschnittlich wurde somit ein Extensionsdefizit von 45° und ein Flexionsdefizit von 60° beobachtet. Zudem war die Pronation um 20° und die Supination um 10° gemindert. Radiologisch fanden sich in allen Ellenbogengelenken charakteristische Zeichen der Degeneration: Verschmälerung des Gelenkspaltes, subchondrale Sklerose und osteophytäre Anbauten. Auf einigen Röntgenaufnahmen fand man zusätzlich freie Gelenkkörper, Kapselverkalkungen und Verknöcherungen der Trizepssehne. Entsprechend des Alters fanden sich radiologische Zeichen der Arthrose auch in anderen Gelenken, jedoch ohne klinische Symptomatik und nicht in der Ausprägung des Ellenbogengelenkes. Eine eindeutige Beziehung zum Alter der Arbeiter oder zur Dauer der Arbeit mit dieser Zange wurden nicht dargestellt.

Lawrence beschäftigte sich umfassend mit den degenerativen Erkrankungen bei schwerer körperlicher Belastung von Minenarbeitern. In der zitierten Arbeit untersuchte er die degenerativen Veränderungen der Wirbelsäule und der Arthrose in Abhängigkeit von der Arbeit in Bergbau untertage und im Straßenbau. Zudem wurden die Einflüsse der Umgebungsfeuchtigkeit, der Körperhaltung und dem schweren Tragen oder Heben erfasst.

Analysiert wurden Arbeiter im Bergbau und im Straßenbau Englands im Alter von 41 - 50 Jahren. Gegenüber gestellt wurden die allgemeinen körperlichen Belastungen. Zudem wurden aus der gleichen Altersgruppe Vergleichspaare von Arbeitern im trockenen Umfeld und im feuchten Arbeitsumfeld gebildet. Bestandteil der Untersuchung war auch der Einfluss der gebückten Körperhaltung auf das muskuloskelettale System sowie das Heben schwerer Lasten. Besonderes Augenmerk legte Lawrence auf die

berufsbedingten degenerativen Veränderungen der Wirbelsäule und der Kniegelenke. Das Ellenbogengelenk war von den anderen Gelenken am meisten betroffen. Die Inzidenz schwankte zwischen den einzelnen Minen. Bei leichter körperlicher Arbeit und unter den Büroarbeiter fand sich keine Arthrose des Ellenbogengelenkes. Lawrence untersuchte den Einfluss der Arbeit mit pneumatischen Bohrern. Befragt wurden 177 Männer. In der Gruppe der Arbeiter, die nicht mit dem pneumatischen Bohrer arbeiteten, hatten 22 (16%) eine Arthrose des Ellenbogengelenkes. Von denen, die über ein Jahr lang mit dem pneumatischem Bohrer gearbeitet hatten, wiesen zwölf (31%) arthrotische Veränderungen des Ellenbogengelenkes auf. Einen statistisch signifikanten Unterschied konnte Lawrence zwischen diesen beiden Gruppen nicht nachweisen. Dennoch resümierte er, dass die Arthrose des Ellenbogengelenkes im Rahmen schwerer körperlicher Arbeit auftritt (Lawrence 1955).

Zu den degenerativen Veränderungen bei Sportlern finden sich Aussagen in den Veröffentlichungen von Neusel et al. (Neusel et al. 1987), Gore et al. (Gore et al. 1980), Schmitt et al. (Schmitt et al. 2001) und Maffulli et al. (Maffulli et al. 1992).

Neusel et al. untersuchten 20 Speerwerfer der nationalen und internationalen Spitzenklasse. Der durchschnittliche Nachuntersuchungszeitraum betrug zehn Jahre und bei der letzten Untersuchung betrug das Durchschnittsalter der Speerwerfer 33 Jahre. Neben der Bewegung in der Lendenwirbelsäule wird beim Wurf der zunächst weit nach hinten gestreckte Wurfarm unter kurzzeitiger Abwinklung im Ellenbogengelenk vorgebracht und der Speer durch Streckung und Pronation des Unterarmes beschleunigt. Es wurde davon ausgegangen, dass ein Athlet der Spitzenklasse während seiner Laufbahn ca. 200. 000 solcher stereotyper Bewegungen ausführt. Neben den Veränderungen im Bereich der Wirbelsäule wiesen alle Sportler ein Streckdefizit im Ellenbogengelenk auf. Zudem konnte bei allen Athleten eine deutliche Zunahme der umformenden Veränderungen des Ellenbogengelenkes am Wurfarm nachgewiesen werden. Röntgenologisch zeigten sich arthrotische Veränderungen im Sinne einer Gelenkspaltverschmälerung, Knochenspornbildung am ulnaren Kollateralband oder am Trizepssehnenansatz sowie reaktive Veränderungen am ulnaren Olekranonrand. „Im Spätstadium greifen die Veränderungen auch auf das humeroradiale Gelenk über; nicht selten finden sich freie Gelenkkörper“ (Neusel et al. 1987).

Ähnliche Ergebnisse konnten Schmitt et al. aufzeigen. Untersucht wurden Schulter- und Ellenbogengelenke von 21 Elitespeerwerfern. Die Untersuchung fand durchschnittlich 19 Jahre nach der Beendigung ihrer aktiven Phase statt. Zum Untersuchungszeitpunkt waren die Probanden durchschnittlich 50 Jahre alt. Eingeschlossen wurden Männer mit einer Wurfweite von über 70 m in den 1970er Jahren und von über 80 m in den 1980er Jahren. Bis auf einen Werfer waren alle Rechtshänder. Mittels Fragebogen wurden unter anderem die Dauer der Hochleistungssportphase, die Trainingsmethode, die Dauer des Trainings pro Woche sowie die physischen Probleme und die Verletzungen während der aktiven Phase erfasst. Bei der klinischen Untersuchung wurden Schmerz, Stabilität und Bewegungsausmaß der Gelenke beurteilt. Es erfolgte eine Röntgenuntersuchung in zwei Ebenen von beiden Ellenbogengelenken sowie eine Magnetresonanztomografie des Wurfarmes.

Bei allen Sportlern konnten röntgenologisch fortgeschrittene Veränderungen des Ellenbogengelenkes (Osteophyten, Sklerosierung) im Wurfarm, jedoch nicht auf der Gegenseite nachgewiesen werden. Zehn Athleten (48%) zeigten ein Defizit in der Extension und vier Athleten (19%) in der Flexion. Die Beweglichkeit der Gegenseite war bei keinem Probanden eingeschränkt. Es konnte herausgearbeitet werden, dass die Ausprägung des Streckdefizites abhängig von der Dauer der sportlichen Hochleistung ($p < 0,03$) ist. Ebenso signifikant ist das Ausmaß der Gelenkspaltverschmälerung beim Training mit Gewichten über 3 kg ($p < 0,07$).

Auch Maffulli et al. bestätigten mit ihrer Untersuchung von 12 Kunstturnern diese Ergebnisse. Alle Turner wiesen ein Streckdefizit im Vergleich zur Voruntersuchung auf. Zudem konnte röntgenologisch bei allen Sportlern Veränderungen im Ellenbogengelenk (freie Gelenkkörper, Gratbildung, Osteochondrose etc.) belegt werden. Im Rahmen des Beobachtungszeitraumes von 3,6 + 4,9 Jahren wurden zwischen 1979 und 1990 je sechs weibliche und sechs männliche Turner untersucht. Das mittlere Alter betrug 13,5 Jahre, wobei die Mädchen signifikant jünger (11,8 vs. 15,2 Jahre) als die Jungen waren. Sie trainierten in der englischen Nationalmannschaft oder in regionalen Sportvereinen. Die Elitesportler trainierten mindestens fünf mal die Woche für 120 Minuten über 18 Monate. Die Amateursportler trainierten rund 90 Minuten zwei bis drei mal die Woche. Klinisch fand sich bei allen Sportlern ein Streckdefizit im Vergleich zur Eingangsuntersuchung. Lediglich ein Sportler konnte seine Laufbahn fortführen. Alle anderen mussten auf Grund der Schmerzen im Ellenbogengelenk den Sport einstellen und zum Teil ihren Beruf wechseln. Maffulli et al. stellten dar, dass der Turner, der seine Laufbahn im Erwachsenenalter

fortsetzten konnte, erstmalig im Alter von 18 Jahren Schmerzen im Ellenbogengelenk beklagte. Bei alle anderen Sportlern traten deutlich früher Beschwerden auf (Maffulli et al. 1992).

Auf Grund der dauerhaften Popularität von Schlagballsportarten wie Tennis, Raket- und Baseball stellten Gore et al. in einer Untersuchung von 29 Wurfspielern das Ellenbogengelenk in den Fokus und beschrieben umfänglich die radiologischen Veränderungen in Bezug zur Stressbelastung des Gelenkes. Insgesamt wurden 29 (28 Männer und eine Frau) symptomatische Profisportler, Amateure und jugendliche Sportler röntgenologisch untersucht. Die Sportler waren zum Zeitpunkt der Evaluation acht bis 82 Jahre alt. Neun von ihnen waren 15 Jahre oder jünger. Hiervon spielten sieben Jugendliche Baseball, einer Tennis und ein weiterer Football. Die meisten aus dieser jüngeren Altersgruppe gingen zwei oder mehreren Sportarten nach. Die Gruppe der 20 erwachsenen Sportler bestand aus 16 Profibaseballspielern, einem Hochschultennislehrer, einem Profifootballspieler (Quarterback) und zwei Amateurbasesballspielern. Ein Vergleich des Schlagarmes zur Gegenseite erfolgte in 24 Fällen. Radiologisch nachweisbare Veränderungen wurden in 15 (94%) der 16 Profibaseballspieler und in fünf (55%) der neun jugendlichen Sportler gefunden. Die Beurteilung der Veränderungen erfolgte entsprechend der Stressbelastung im Ellenbogengelenk (diffuser, medialer, lateraler Stress, Rotations- und Streckstress). Zudem erfolgte die Verifizierung nach akuten und chronischen Veränderungen. Als Auswirkung des diffusen Stresses wurden die Hypertrophie des Kortex im gesamten Gelenk bei 18 (90%) der 20 Erwachsenen und bei fünf (55%) der jugendlichen Athleten nachgewiesen. Der Effekt des Rotationsstresses im Bereich des Humerusschaftes als Konsequenz der extremen Abduktion und Rotation bei der Wurfbewegung stellt eine Humerusschaftfraktur dar. Diese wurde nur bei einem jungen Amateurspieler beobachtet. Man ging davon aus, dass bei Profisportlern die Verdickung des Kortex eine protektive Wirkung hat und daher diese Verletzung nicht auftritt. Der chronische mediale Stress verursachte unter den erwachsenen Athleten in 12 (75%) Fällen Ulnarsporne, in vier (25%) Fällen Hyperostosen im Bereich der Ulnarisrinne und freie Gelenkkörper posterior acht (50%), medial fünf (31%), anterior und lateral in jeweils zwei (12%) Fällen. Der laterale Stress führte im Erwachsenenalter zu keinen akuten Verletzungen, da die für Wurfspielern typische Valgusstellung im Ellenbogengelenk hier eine protektive Wirkung hat. Als chronische Auswirkung des lateralen Stresses gelten die freien Gelenkkörper. Bei den juvenilen Athleten fanden sich bei zwei (22%) Probanden Frakturen des Capitulum radii als Folge des Valgusstresses. Als Resultat des Extensionsstresses können

Abrissfrakturen des Olekranon auftreten. Diese wurden in dieser Untersuchung jedoch nicht vorgefunden. Chronische Veränderungen gehen mit Hypertrophie im Bereich des Olekranon und der daraus resultierenden Inkongruenz der Gelenkflächen einher. Es entstehen freie Gelenkkörper posterior, welche in acht (50%) der Fälle beobachtet wurden (Gore et al. 1980).

Unter den Publikationen fand sich eine Bevölkerungsstudie. Zhang et al. untersuchten 7126 Einwohner der Provinz Shanxi in China. Die Untersuchung fand unter der Schirmherrschaft der Community Oriented Program for the Control of Rheumatic Diseases (COPCORD) der Weltgesundheitsorganisation (WHO) statt. Bezüglich der Evaluierung der Arthrose des Ellenbogengelenkes erfolgte eine klinische Untersuchung und Erfassung der Symptome sowie eine röntgenologische Untersuchung. Die radiologische Ausprägung wurde nach dem Kellgren-Lawrence-Score eingeteilt. Die Befundung erfolgte durch zwei unabhängige Radiologen, bei Uneinigkeit wurde ein dritter Radiologe hinzugezogen. Patienten mit einer sekundären Arthrose zum Beispiel bedingt durch Diabetes mellitus oder eine rheumatische Erkrankung wurde ausgeschlossen. Zudem wurden das Körpergewicht, der Bauch- und Hüftumfang ermittelt. Erfasst wurde der Bildungsstand sowie die häusliche und familiäre Lebenssituation inklusive der Ernährungsweise.

Die Studienteilnehmer lebten dauerhaft in dieser Region und waren zwischen 16 und 90 Jahre (mittleres Alter 43,9 + 16.6 Jahre) alt. 3609 waren Männer und 3517 Frauen. Die Gesamtprävalenz der Arthrose lag bei 24,33%, wobei eine signifikante Zunahme mit zunehmendem Alter ermittelt wurde. Die Prävalenz der Arthrose im Ellenbogengelenk betrug 2,9%. Es wurden verschiedene Zusammenhänge zur Prävalenz der Arthrose dargestellt. Die Prävalenz stieg so zum Beispiel mit zunehmendem BMI an, ein erhöhter Zigarettenkonsum, ein ärmeres häusliches Umfeld und ein niedriger Bildungsstand führten ebenso zu einer erhöhten Prävalenz. Zudem konnte eine erhöhte Prävalenz bei getrennt lebenden, geschiedenen oder verwitweten Probanden ermittelt werden im Vergleich zu grundsätzlich Alleinlebenden oder Verheirateten. Kardiovaskuläre Erkrankungen waren ebenfalls mit einer erhöhten Prävalenz assoziiert (Zhang et al. 2016).

7.2 Patientenkollektiv

7.2.1 Allgemeine Patientendaten

Von den 92 erfassten Patienten waren 58 (63%) Männer und 34 (37%) Frauen. Der jüngste Patient war 30 Jahre alt, der älteste Patient 83 Jahre. Das Alter betrug im Mittelwert 50,01 Jahre. Das mediane Alter lag bei 49,5 Jahren. Einen signifikanten Unterschied in der Altersverteilung der Geschlechter ergab sich nicht ($p=0,749$). Bei 56 (60,9%) Probanden war das rechte Ellenbogengelenk betroffen, bei 36 (39,1%) das linke Ellenbogengelenk. Eine beidseitige Erkrankung kam nicht vor. Die Händigkeit wurde nicht eruiert. Anhand der Messung der Körpergröße und des Körpergewichtes wurde der Body-Mass-Index berechnet und entsprechend der WHO-Kriterien kategorisiert (WHO 2004). 24 (26,2 %) Patienten waren normalgewichtig, 47 (51,1%) präadipös und 21 (22,8%) adipös. 26 (28,3%) waren Raucher, sieben (7,6%) litten unter Diabetes mellitus, vier (4,3%) unter Rheuma und drei (3,3%) unter Gicht. Bei drei Patienten fanden sich zwei der vermuteten Kofaktoren (bei einem Patienten Diabetes mellitus und Gicht, bei zwei Patienten Diabetes mellitus und Nikotinabusus). Zwölf (13%) der Patienten erlitten in der Vorgeschichte (mindestens ein Jahr zurückliegend) eine Verletzung (zehn Dislokationen, zwei Frakturen). Die Dauer der Beschwerden variierte von einem Monat bis zu 60 Monaten. Im Mittel bestanden die Beschwerden 11,4 Monate. Bezüglich der beruflichen Belastung wurden die Expositionszeit, die Kraftanstrengung, die Vibration und die Repetition in Zeitspannen während eines Arbeitstages kategorisiert. Zudem wurde die Belastung mit niederfrequenter Schwingung (< 50 Hz) erfasst. Insgesamt wurde bei 60 (65,5%) Patienten eine berufliche Belastung eruiert. Grundsätzlich bestand bei 60 (65,5%) eine allgemeine körperliche Belastung, eine Kraftbelastung fand sich bei 33 (35,9%), eine Belastung durch Vibration gaben 44 (47,8%) an, repetitive Arbeiten führten 29 (31,5%) aus und von einer Niederfrequenzbelastung berichteten zehn (10,9%) Patienten. Aus den einzelnen Faktoren der beruflichen Belastung wurde ein Summenscore gebildet. Die Ergebnisse sind in Abbildung 15 dargestellt.

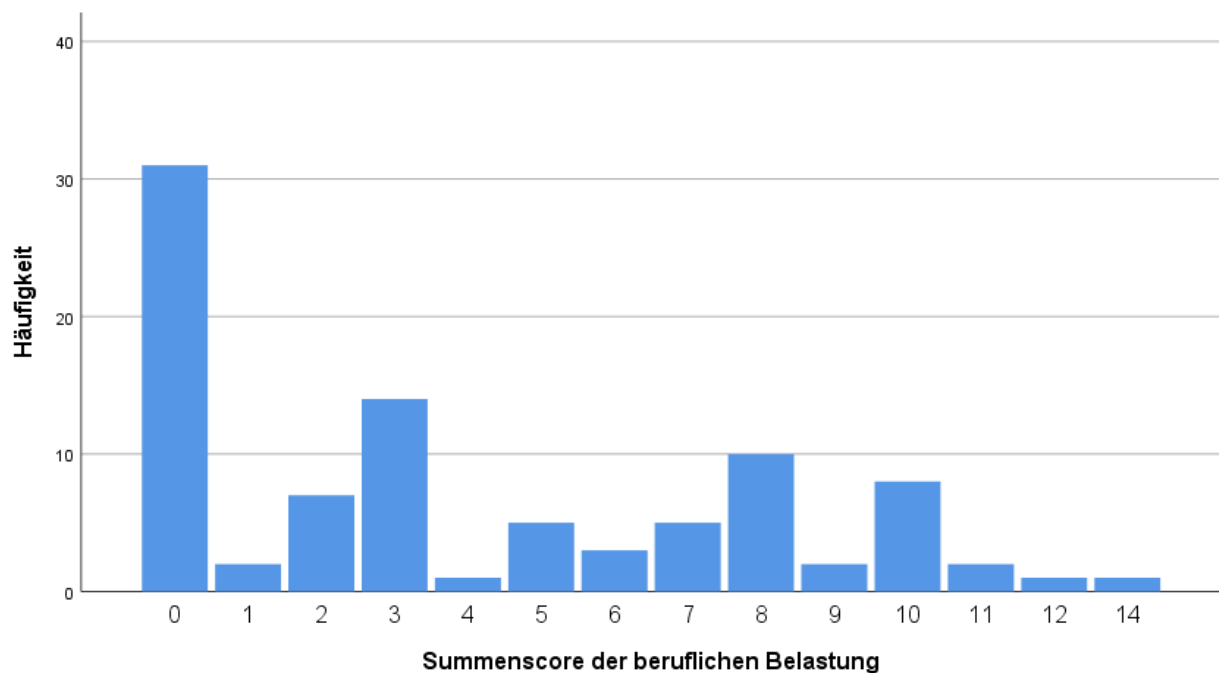


Abbildung 15: Darstellung des Summenscores der beruflichen Belastung in Bezug zur vorgefundenen Häufigkeit in der Studiengruppe

Gut die Hälfte (47; 51,1%) der Patienten trieben regelmäßig Sport im Sinne einer aktiven Mitgliedschaft in einem Sportverein oder im Rahmen des Freizeitsportes über mindestens zehn Jahre. Wobei 33 Patienten einen den das Ellenbogengelenk belastenden Sport ausübten wie zum Beispiel Tennis, Tischtennis, Golf oder Volleyball.

23 (25%) Patienten waren sowohl durch den Beruf als auch durch ihre sportliche Aktivität belastet. Bei allen Patienten wurde vor der Arthroskopie eine Standardröntgenaufnahme in zwei Ebenen angefertigt. Die radiologischen Veränderungen wurden nach Broberg und Morrey graduiert (Broberg und Morrey 1986). Bei 56 Patienten (60,9%) fanden sich keine radiologischen Veränderungen, 11 (12%) zeigten radiologische Veränderungen von Grad 1, bei 14 (15,2%) von Grad 2 und 11 (12,0%) von Grad 3. Die intraoperativ gefundenen Veränderungen des Gelenkknorpels wurden gemäß der Empfehlung der International Cartilage Repair Society dokumentiert (Spahn et al. 2017). Analog zu dem früher beschriebenen Whole-Organ Arthroscopic Knee Score (WOAKS) wurde im Rahmen der Arthroskopie der Gelenkknorpel des Capitulum humeri, der Trochlea humeri, der Fovea articularis radii, der Circumferentia articularis radii und der Incisura trochlearis ulnae Capitulum untersucht und der Whole-Organ Arthroscopic Elbow Score ermittelt (Spahn et al. 2008). Der maximal erreichbare Punktwert war 20. Bei den Patienten wurde ein

Punktwert von eins bis 18 ermittelt, im Median lag der Score bei sieben Punkten. Osteophyten und freie Gelenkkörper fanden sich jeweils bei 18 (19,6%) Patienten, Plicae konnten bei 37 (40,2%) nachgewiesen werden.

7.2.2 Radiologische Veränderungen

Untersucht wurden die verschiedensten Korrelationen zwischen den radiologisch nachweisbaren Veränderungen und einzelner Variablen. Eine eindeutige Zunahme der radiologischen Veränderungen wurde mit zunehmendem Lebensalter nachgewiesen ($p < 0,01$). Der Korrelationskoeffizient im Kendall-Tau-b-Test betrug 0,324 und der lineare Regression ergab einen Koeffizienten von 0,407. Dies zeigt die Abbildung 16. Zur besseren Darstellung wurde das Alter der Patienten in Altersgruppe gegliedert.

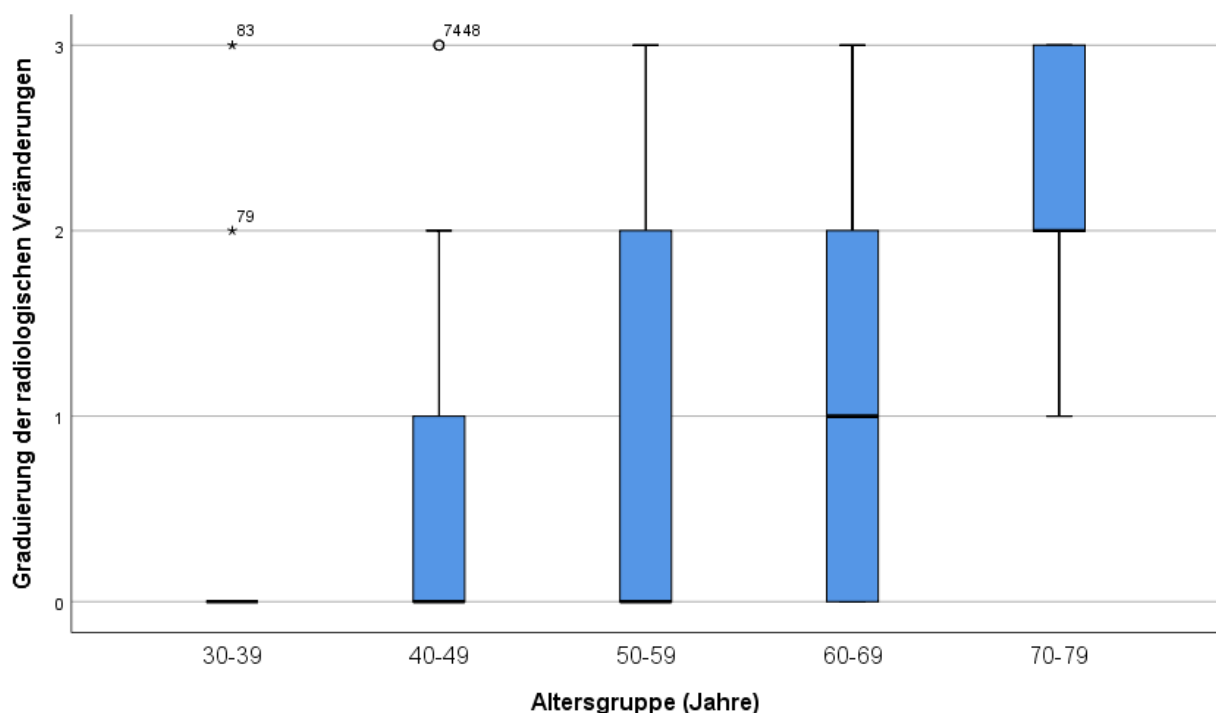


Abbildung 16: Darstellung der radiologischen Veränderungen graduiert nach Bloberg bezogen auf die Altersgruppen

Es zeigt sich eine signifikante Zunahme der radiologischen Veränderungen mit steigendem Lebensalter. Die Punkte/Sterne markieren Ausreißer.

Bezüglich des Geschlechtes, des Body-Maß-Index, der Beschwerdedauer und der vorliegenden Nebenerkrankungen lagen keine eindeutig positiven Korrelationen vor.

Gleiches gilt für die allgemeine sportliche Aktivität und für die Ausübung einer das Ellenbogengelenk belastenden Sportart.

Die Faktoren der beruflichen Belastung zeigten in der Summation eine positive Korrelation mit den radiologischen Veränderungen (Korrelationskoeffizient 0,173; $p=0,027$). Einzelnen betrachtet fanden sich positive Korrelationen durch die Belastung mit niederfrequenten Schwingungen (Korrelationskoeffizient 0,319; $p=0,0001$), repetitiven Arbeitsprozessen (Korrelationskoeffizient 0,233; $p=0,015$), einer vermehrten Kraftbelastung (Korrelationskoeffizient 0,192; $p=0,032$) sowie der Dauer der körperlichen Belastung (Korrelationskoeffizient 0,215; $p=0,016$). Für die Vibrationsbelastung wurde ebenso ein positiver Korrelationskoeffizient ermittelt, jedoch ohne statistische Signifikanz (Korrelationskoeffizient 0,119; $p=0,217$). In der Abbildung 17 sind beispielhaft die radiologischen Veränderungen in Bezug auf die Niederfrequenzbelastung dargestellt. Bei dieser Kategorie der beruflichen Belastung wurde die stärkste Korrelation ermittelt.

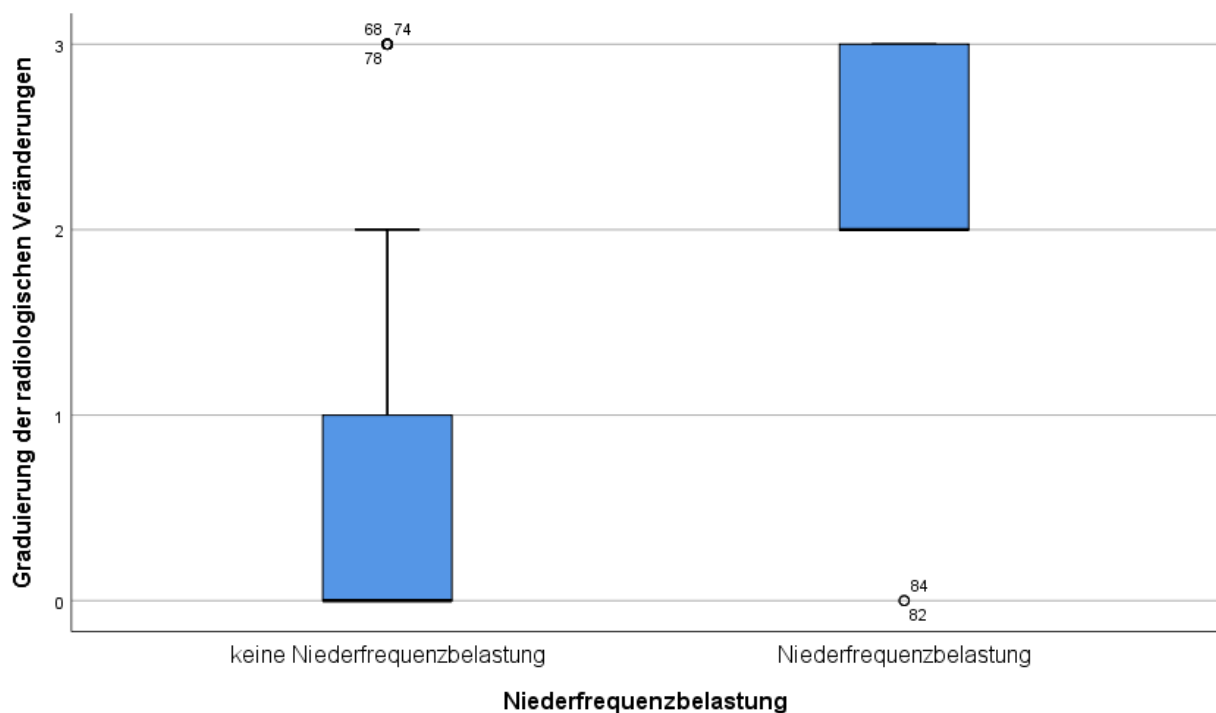


Abbildung 17: Darstellung der radiologischen Veränderungen graduiert nach Bloberg in Bezug auf die Niederfrequenzbelastung

Der Median der radiologischen Veränderungen bei der Arbeit mit niederfrequenten Werkzeugen ist signifikant höher. Die Punkte markieren Ausreißer.

Eine starke Korrelation konnte bei den radiologischen Veränderungen und dem WOAES gezeigt werden (Korrelationskoeffizient 0,521; $p < 0,001$). Dies ist in Abbildung 18 veranschaulicht.

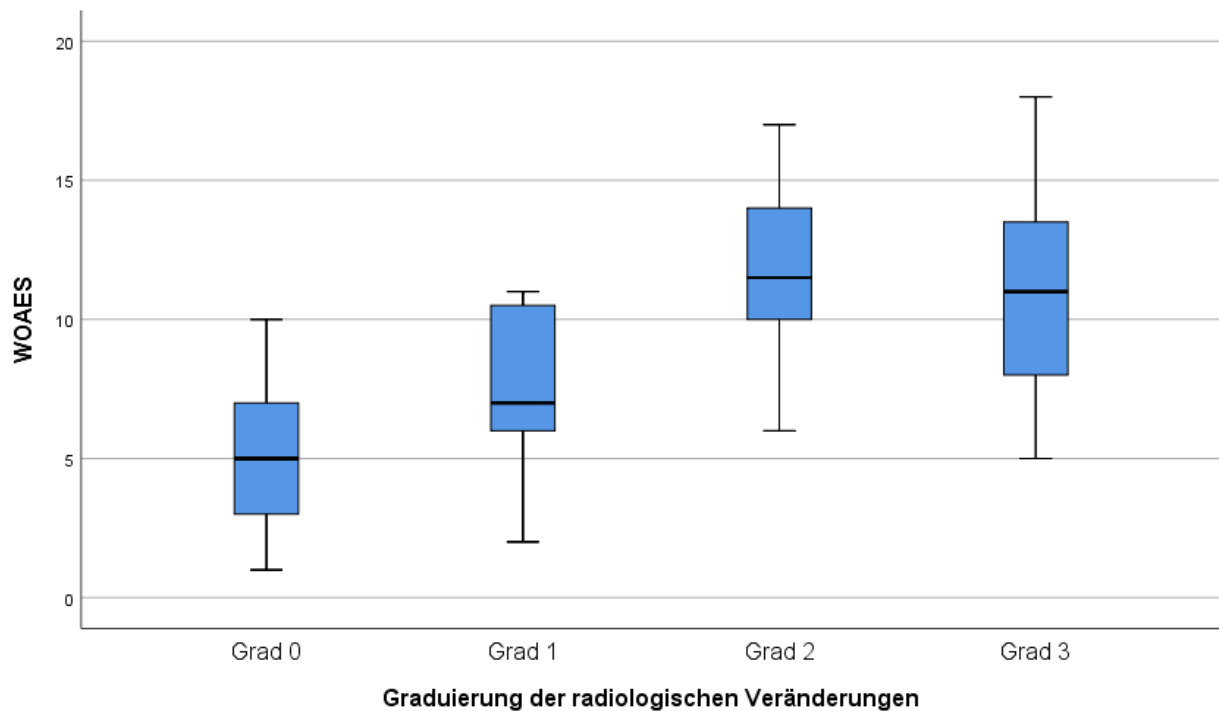


Abbildung 18: Darstellung der radiologischen Veränderungen graduiert nach Bloberg in Bezug auf die Niederfrequenzbelastung

Deutlich zu erkennen ist die Zunahme des WOAES mit steigendem Grad der radiologischen Veränderungen.

7.2.3 Knorpelschäden der einzelnen Gelenkflächen

Die arthroskopisch aufgefallenen Knorpelveränderungen wurden entsprechend der ICRS Klassifikation graduiert. Beurteilt wurden die Knorpelfläche der Trochlae humeri, des Capitulum humeri, der Fovea articularis radii, der Circumferentia articularis radii und der Incisura trochlearis ulnae. Die einzelnen Häufigkeiten sind in der Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Darstellung der arthroskopischen Veränderungen kategorisiert nach den ICRS Graden der einzelnen Gelenkflächen

	Trochlea humeri	Capitulum humeri	Fovea articularis radii	Circumferentia articularis radii	Incisura trochlearis ulnae

IRCS Grad 0	47 (51,1%)	14 (15,2%)	21 (22,8%)	13 (14,1%)	54 (58,7%)
IRCS Grad 1	24 (26,1%)	18 (19,6%)	17 (18,5%)	15 (16,3%)	11 (12,0%)
IRCS Grad 2	14 (15,2%)	31 (33, 7%)	31 (33, 7%)	36 (39,1%)	13 (14,1%)
IRCS Grad 3	7 (7,6%)	23 (25%)	18 (19,6%)	24 (26,1%)	10 (10,9%)
IRCS Grad 4	0	6 (6,5%)	5 (5,4%)	4 (4,3%)	4 (4,3%)

Zudem wurden jeweils bei 18 (19,6%) Patienten freie Gelenkkörper und Osteophyten gefunden. Plicae kamen bei 37 (40,2%) Patienten vor. Am stärksten ausgebildet war der Knorpelschaden an der Fläche des Capitulum humeri. Die geringsten Schäden wurden an der Trochlea humeri gefunden. So konnte zum Beispiel bei 56 Patienten ein signifikant höheres Ausmaß des Knorpelschadens am Capitulum humeri gefunden werden ($p < 0,001$). Der Knorpelschaden korreliert an den Flächen der Trochlae humeri ($p = 0,036$) und des Olecranon ($p = 0,011$), wenn grundsätzlich eine berufliche Belastung vorliegt. Für die anderen Gelenkflächen konnte kein signifikant höherer Korrelationskoeffizient nachgewiesen werden. Differenziert betrachtet fand sich eine positive Korrelation der Läsionen der Trochlea humeri bei der Repetition ($p = 0,007$) und durch niederfrequente Schwingungen ($p = 0,012$). Ebenso zeigte sich dieser Zusammenhang im Bereich der Circumferentia articularis radii ($p = 0,014$) und im Bereich der Fovea articularis radii ($p = 0,018$).

Die Läsionen des Gelenkknorpels der Fläche des Olecranon waren signifikant höher bei einer höheren Expositionszeit ($p = 0,027$), mit zunehmender Kraftbelastung ($p = 0,024$) und bei Belastung durch Vibration ($p = 0,006$). Eine positive Korrelation bei Arbeiten mit repetitiven Abläufen oder mit niederfrequenter Schwingung fand sich nicht.

Sowohl die allgemeine als auch die den Ellenbogen belastende sportliche Betätigung zeigten keine Korrelation zum Ausmaß des Knorpelschadens. Jedoch ist der Korrelationskoeffizient der Fovea articularis radii und der Circumferentia articularis radii am höchsten, statistisch aber nicht signifikant. Die arthroskopisch nachgewiesenen Knorpelläsionen korrelieren mit dem radiologischen Befund, mit der Beschwerdedauer dagegen nicht. In Bezug auf das Alter fand sich eine signifikant höhere Korrelation lediglich bei den Gelenkflächen der Fovea articularis radii ($p = 0,015$), der Circumferentia articularis radii

($p < 0,001$) und des Olecranon (p=0,004). Der Body-Mass-Index, Verletzungen, Begleiterkrankungen und der Nikotinabusus korrelierten nicht mit dem Ausmaß des Knorpelschadens.

7.2.4 Korrelation des WOAES

Wie bereits dargestellt, korrelierten die radiologischen Veränderungen mit dem Alter. Gleiches gilt für den WOAES. Es wurde eine signifikante Zunahme der arthroskopischen Veränderungen des Gelenkknorpels mit zunehmendem Alter beobachtet. Der WOAES steigt um 0,15 Punkte jährlich mit steigendem Alter an (Regressionskoeffizient 0,15; $p < 0,001$). Kategorisiert man die Patienten in Altersgruppen über ein Intervall von zehn Jahren, liegt der Regressionskoeffizient des WOAES für die Altersgruppe bei 1,42. Zudem haben Männer einen signifikant höheren Score ($p = 0,024$). Beides veranschaulichen die Abbildungen 19 und 20.

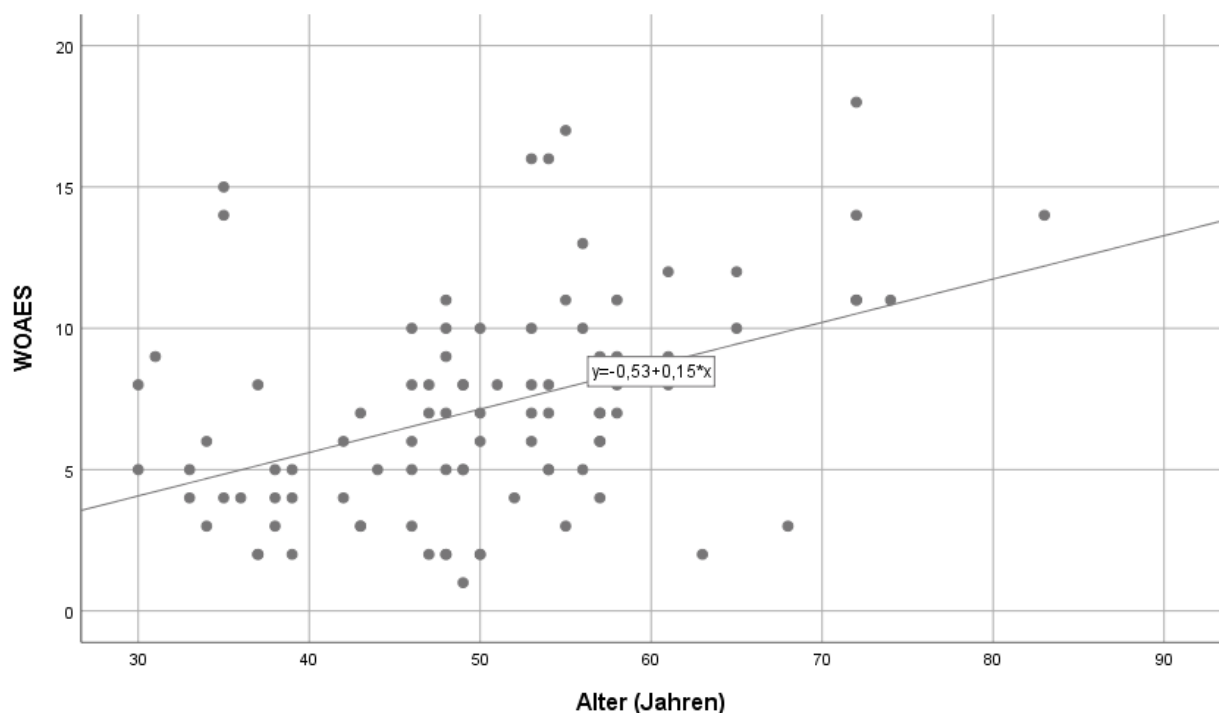


Abbildung 19: Darstellung der Altersabhängigkeit des WOAES

Das Punktdiagramm verdeutlicht die signifikante Zunahme des WOAES mit steigendem Lebensalter.

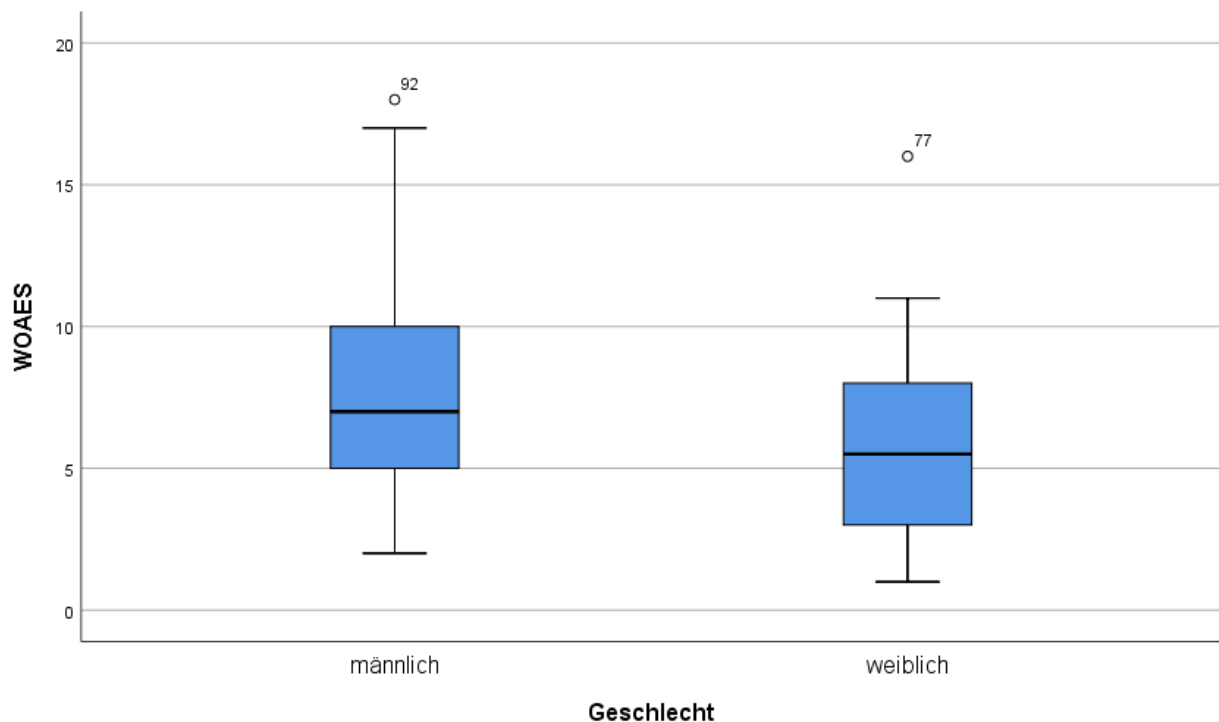


Abbildung 20: Darstellung des WOAES in Abhängigkeit vom Geschlecht

Der Median des WOAES liegt bei den Männern signifikant höher im Vergleich zu den Frauen. Die Punkte markieren Ausreißer.

Eine aussagekräftige Korrelationen des WOAES zum Body-Mass-Index ($p=0,563$) oder zur Beschwerdedauer ($p=0,425$) fand sich nicht. Ebenso hatten die vorliegenden Nebenerkrankungen, der Nikotinabusus oder eine in Vorgeschichte aufgetretene Verletzungen keinen Einfluss auf den WOAES. Auch die sportliche Aktivität und die Ausübung Ellenbogen belastender Sportarten führte zu keiner Beeinflussung des WOAES. Bezüglich der beruflichen Belastung konnte analog zu den radiologisch nachweisbaren Veränderungen für den Summenscore eine signifikante Zunahme des WOAES mit steigender beruflicher Belastung ermittelt werden ($p=0,01$).

Einzel betrachtet fand sich bei der Belastung durch niederfrequente Schwingungen der höchste Regressionskoeffizient von 3,66 ($p=0,004$). Grafisch ist dies in der Abbildung 21 dargestellt.

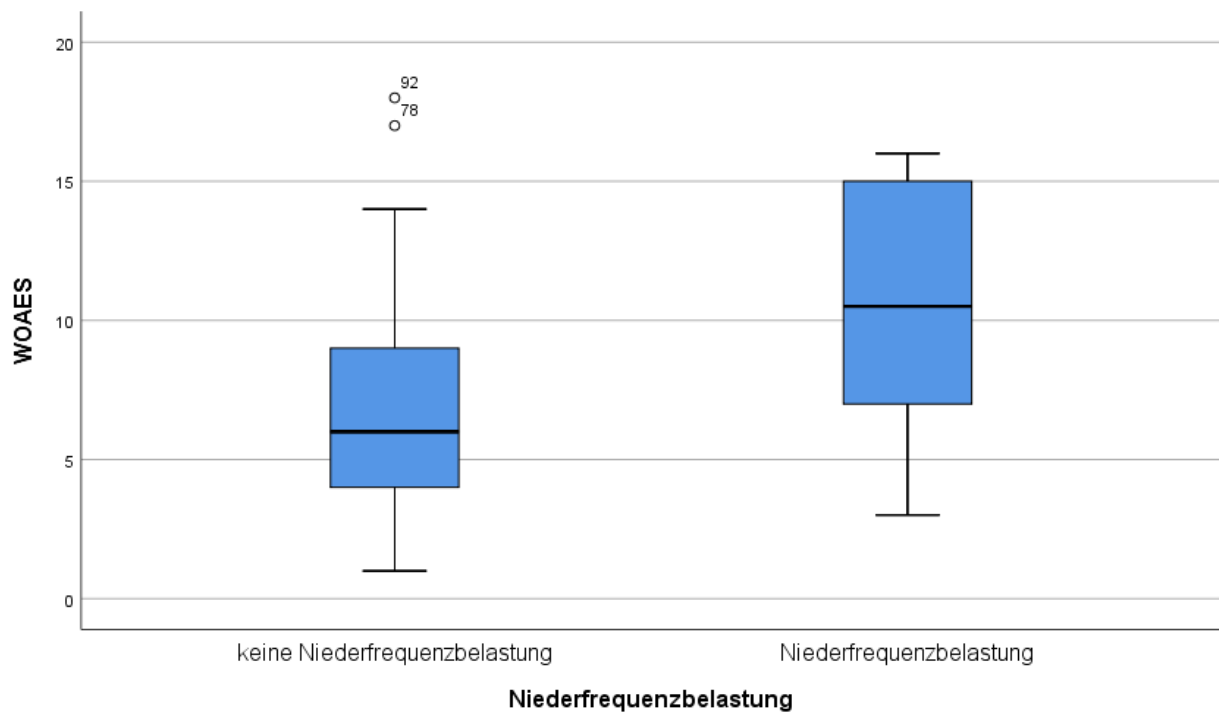


Abbildung 21: Darstellung des WOAES im Zusammenhang mit einer Niederfrequenzbelastung

Der Median des WOAES liegt bei einer Tätigkeit mit niederfrequenten Werkzeugen signifikant höher als ohne diese Belastung. Die Punkte markieren Ausreißer.

Ebenso eine statistisch signifikante Zunahme des WOAES fand sich bei Belastung durch repetitive Tätigkeiten (Regressionskoeffizient 1,34; $p=0,005$) und durch Vibrationsbelastung (Regressionskoeffizient 1,37; $p=0,013$). Dargestellt ist dies in den Abbildungen 22 und 23.

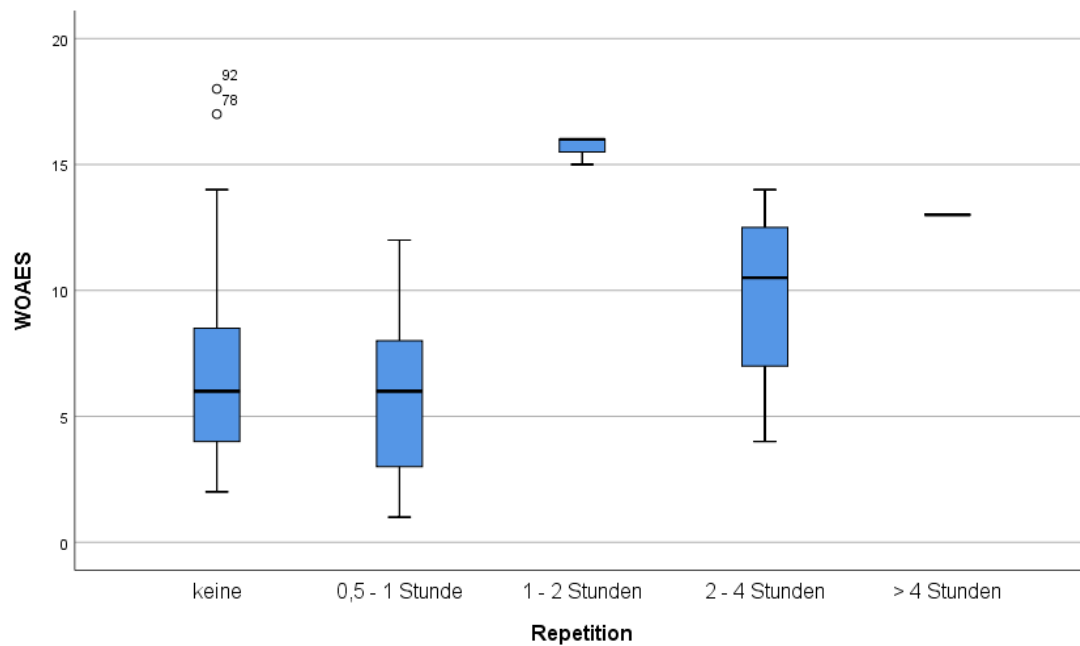


Abbildung 22: Darstellung des WOAES in Abhängigkeit zur Dauer einer repetitiven Tätigkeit

Deutlich wird die Regression des WOAES mit zunehmender Dauer der repetitiven Arbeit. Die Punkte markieren Ausreißer.

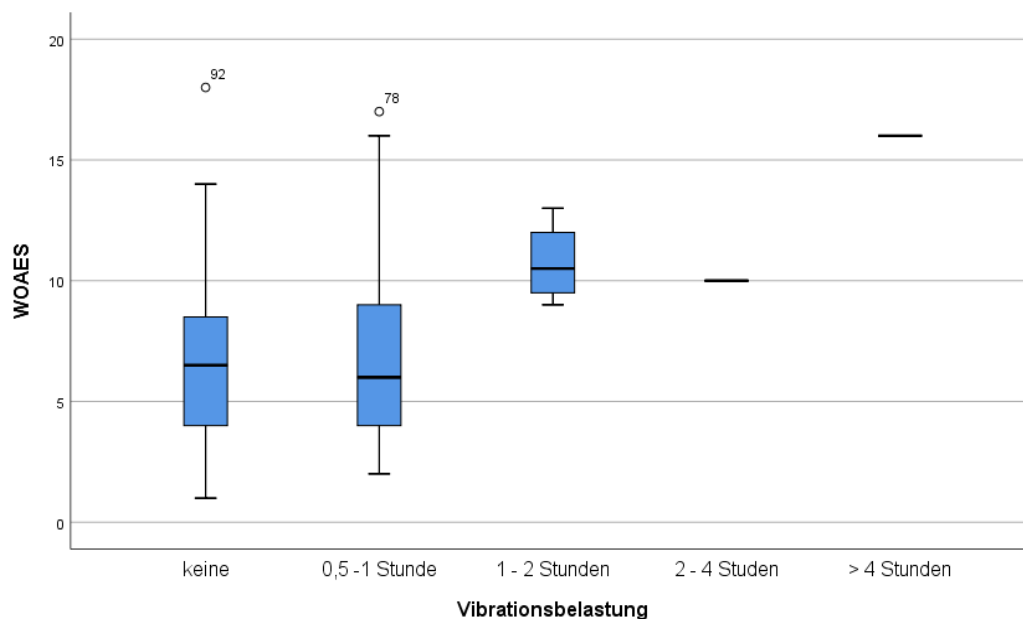


Abbildung 23: Darstellung des WOAES in Abhängigkeit zur Dauer der Vibrationsbelastung

Auch in der Abbildung 23 veranschaulicht das Boxplot Diagramm die Regression des WOAES mit der zunehmenden Vibrationsbelastung. Die Punkte markieren Ausreißer.

Lediglich die Dauer der Kraftbelastung hatte keinen signifikanten Einfluss auf den WOAES (Regressionskoeffizient 0,56; $p=0,050$).

Die allgemeine sportliche Betätigung und die Ausübung von Ellenbogengelenk belastenden Sportarten korreliert nicht dem WOAES. Gleiches gilt für die in der Anamnese vorliegenden Verletzungen. Vermutete Kofaktoren wie der Nikotinabusus, der Body-Mass-Index, eine rheumatische Grunderkrankung, der Diabetes mellitus oder die Hyperurikämie hatten sowohl einzeln als auch ggf. in der Kombination vorliegend keinen Einfluss auf den WOAES.

7.2.5 Geschlechtsspezifische Analyse der beruflichen Belastung

Um die berufliche Belastung genauer zu beurteilen, wurde diese für beide Geschlechter getrennt analysiert und gegenübergestellt. Grundsätzlich sind 67 % der Männer einer beruflichen Belastung ausgesetzt, bei den Frauen hingegen sind es nur 61,8%. Betrachtet man die in der Fallstudie beurteilten Belastungen im Einzelnen, findet man in der Kraftbelastung keinen Unterschied zwischen den Geschlechtern. Männer und Frauen zeigen hier eine ähnliche Belastung von 43,1% der Männer und 41,2% der Frauen über die Dauer von über einer Stunde hinaus. Der größte Unterschied fand sich in der Kategorie der Belastung von zwei bis vier Stunden. 25,9% der Männer gaben diese zeitliche Belastung pro Arbeitstag an und nur 17,6% der Frauen. Fasst man auf Grund der geringen Fallzahl die höheren Belastungskategorien in die Dauer von über eine Stunde zusammen ergab sich kein Unterschied zwischen den Geschlechtern (Abbildung 24).

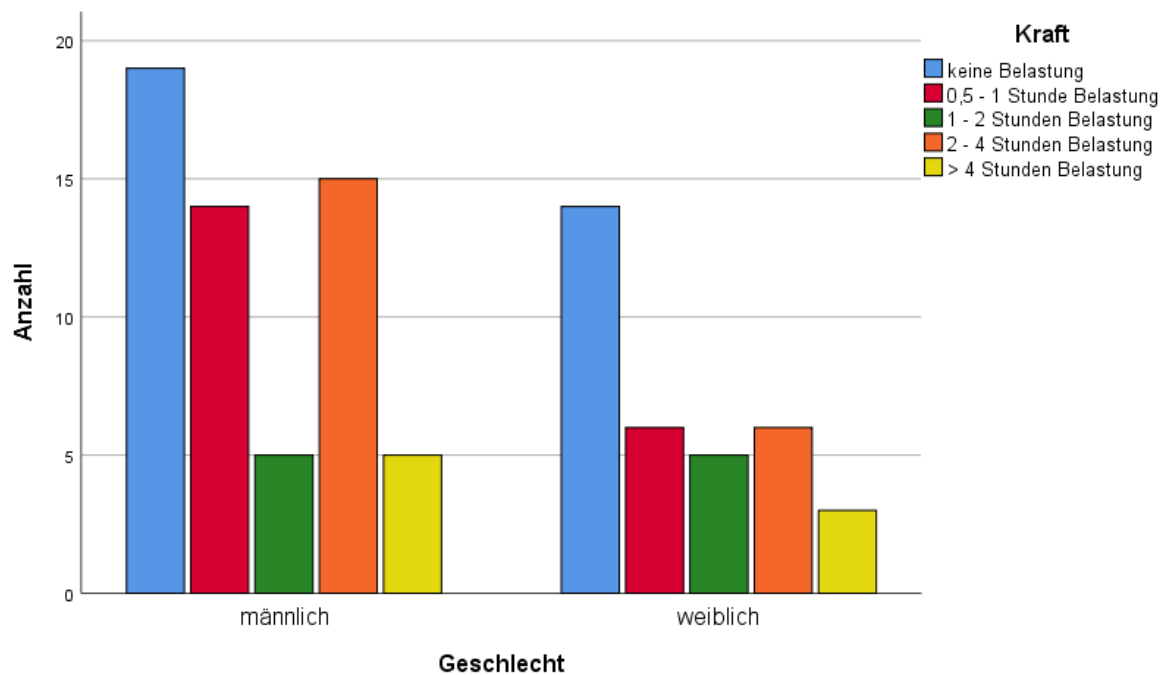


Abbildung 24: Darstellung der Kraftbelastung von Männern und Frauen in Abhängigkeit von der Zeit pro Arbeitstag

Ein deutlicher geschlechtsspezifischer Unterschied fand sich bei der repetitiven Tätigkeit und der Arbeit mit vibrierenden Werkzeugen. Die männlichen Probanden waren hierdurch deutlich häufiger belastet. So gaben 2,9 % der Frauen eine Vibrationsbelastung von über einer Stunde an und 8,6 % der Männer. Repetitive Arbeiten übten 2,9 % der Frauen und 12,1 % der Männer über eine Stunde hinaus aus. Auch hier wurden die Kategorien auf Grund der geringen Fallzahl zusammen gefasst. Die beiden nachfolgenden Abbildungen 25 und 26 verdeutlichen die Ergebnisse.

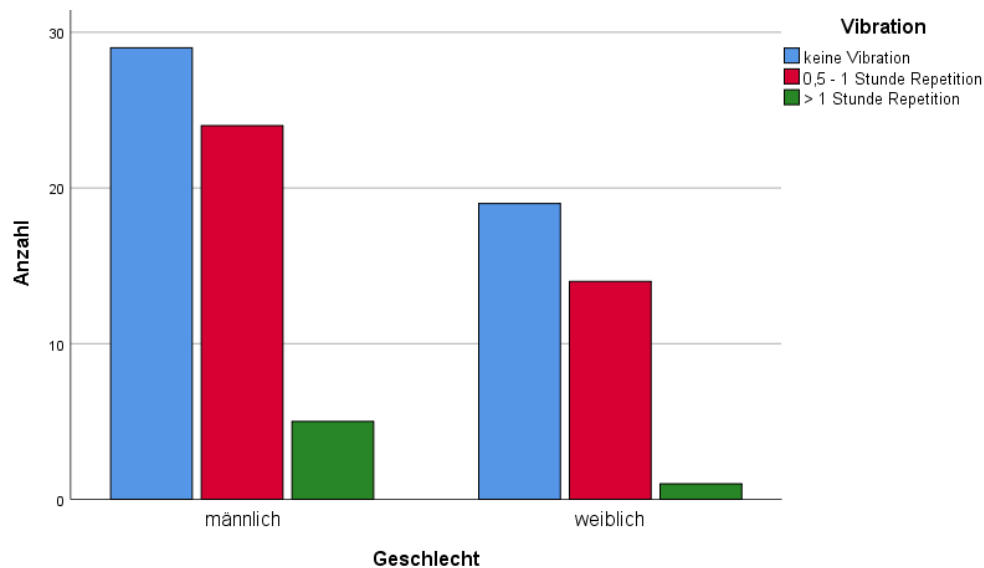


Abbildung 25: Darstellung der Vibrationsbelastung von Männern und Frauen in Abhängigkeit von der Zeit pro Arbeitstag

Die Vibrationsbelastung lag bei Männern in der Kategorie von über einer Stunde pro Arbeitstag mit 8,6% deutlich höher als die der Frauen mit 2,9%. In den beiden ersten Kategorien ist der prozentuale Anteil nahezu identisch.

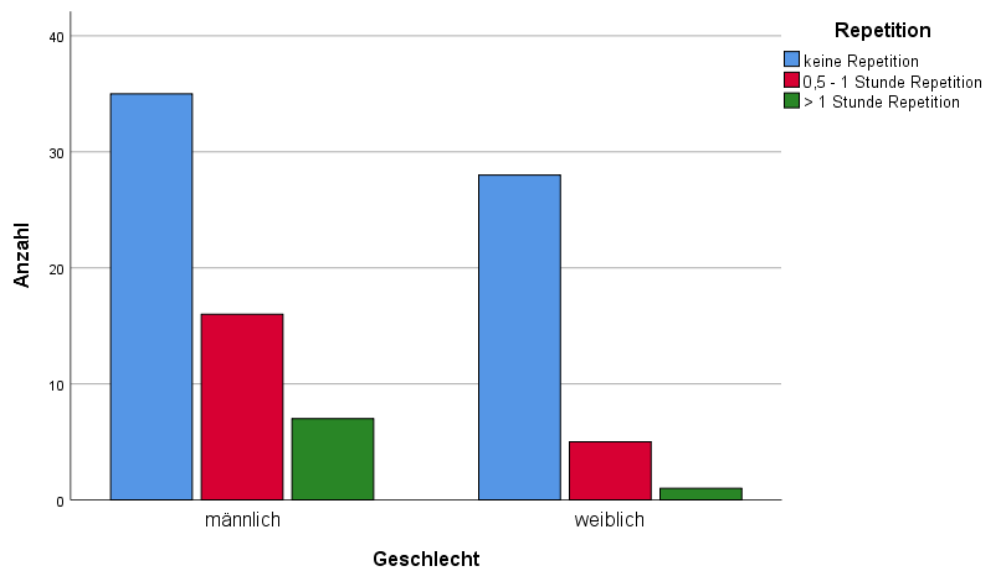


Abbildung 26: Darstellung der Häufigkeit von repetitiven Tätigkeiten von Männer und Frauen in Abhängigkeit von der Zeit pro Arbeitstag

Die Ausübung von repetitiven Tätigkeiten erfolgte von 12,1% der Männer und von 2,9% der Frauen für die Dauer von über einer Stunde pro Arbeitstag. In den beiden ersten Kategorien ist der prozentuale Anteil nahezu identisch.

8. Diskussion

Ziel der vorliegenden Arbeit war es basierend auf einer systematischen Literaturrecherche und der Auswertung der Daten einer arthroskopischen Fallserie Risikofaktoren für die Entstehung der Arthrose des Ellenbogengelenkes zu untersuchen. Hypothetisch gilt, dass eine besondere berufliche und/oder sportliche Belastung einen besonderen Risikofaktor darstellt. Im Rahmen der Recherche sollen zudem mögliche konkurrierende Risikofaktoren aufgedeckt werden.

Gelenkbeschwerden und Gelenkschmerzen gehören zu den häufigsten Einschränkungen im Alltag der Menschen und verringern dadurch deutlich ihre Lebensqualität. Grundsätzlich ist die Arthrose die häufigste Gelenkerkrankung, die zu Schmerzen und Bewegungseinschränkungen des betroffenen Gelenkes führt (Fuchs und Prütz 2017).

Schlussendlich ist festzustellen, dass es derzeit nicht möglich ist, eindeutige Risikofaktoren für die Entstehung von Knorpelschäden respektive einer primären Knorpelschädigung bzw. Arthrose des Ellenbogengelenkes zu benennen.

Das steht im Widerspruch dazu, dass Ellenbogenbeschwerden, assoziiert mit beruflicher oder sportlicher Belastung, ein häufiges orthopädisches Krankheitsbild darstellen. In einer im letzten Jahr für Deutschland erhobenen epidemiologischen Querschnittsuntersuchung konnte gezeigt werden, dass die Gesamtprävalenz von Gelenkbeschwerden innerhalb der letzten zwölf Monate bei den Frauen bei 57,9% und bei den Männern bei 52,2%. Der Anteil der Beschwerden im Bereich des Ellenbogengelenkes liegt jeweils bei ca. 4%. Die Prävalenz der Gelenkbeschwerden ist in Abbildung 27 dargestellt (Fuchs und Prütz 2017).

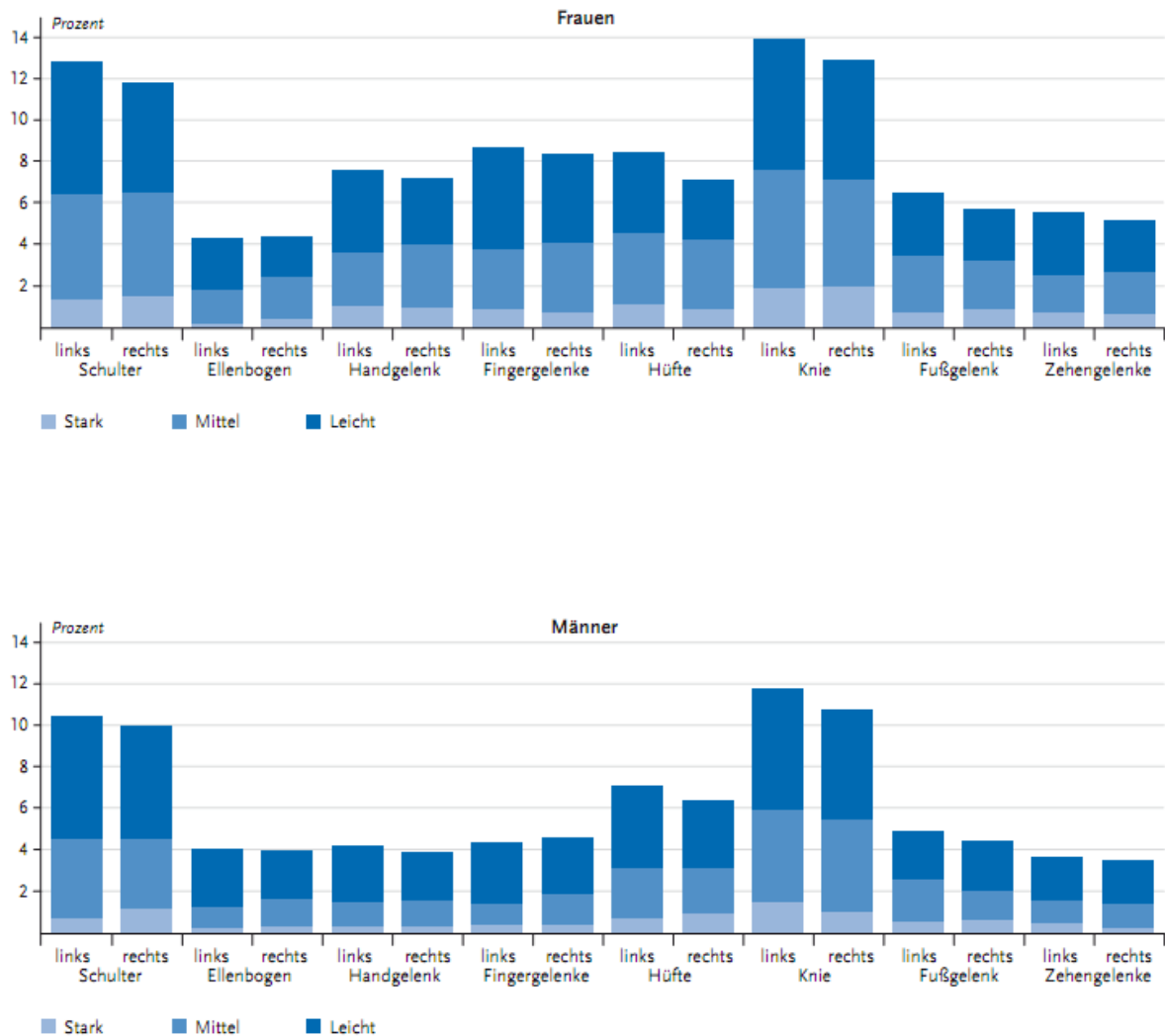


Abbildung 27: Arthrose- und Schmerz- Prävalenz innerhalb der deutschen Bevölkerung (Ermittlungen des Robert-Koch-Instituts). (Fuchs und Prütz 2017)

Diese Daten wurden prospektiv durch Befragung von 7727 Probanden im Alter zwischen 18-79 Jahren (4061 Frauen und 3666 Männer) erhoben. Wie die Validierung der ACR (The Am. College of Rheumatology) zeigte, sind solche systematischen Erhebungen anhand von Fragebögen durchaus geeignet, die Arthrose-Prävalenz in der Bevölkerung für die einzelnen Gelenke zu bestimmen (Nevitt 1996).

Zahlreiche Studien beschrieben muskuloskelettale Beschwerden der oberen Extremität bei einer besonderen beruflichen Belastung. So untersuchten Melchior et al. im Rahmen einer großen französischen Studie 2656 Männer und Frauen. Muskuloskelettale Beschwerden fanden sich signifikant häufiger bei denen, die einer handwerklichen Tätigkeit nachgingen (z. B. Maler, Mechaniker, Maschinenbediener). Insbesondere repetitive Arbeiten, Arbeiten mit einer erhöhten Kraftbelastung und Arbeiten in einer Zwangshaltung

wie zum Beispiel über Kopf Arbeiten zeigten eine höhere Prävalenz (Melchior et al. 2006). Auch Jang et al. beschrieben in ihrer Studie an Masseuren, die variable Knet-, Gleit- und Vibrationstechniken anwendeten, eine hohe Prävalenz von muskuloskeletalen Beschwerden. Obgleich die Beschwerden am häufigsten im Bereich der Finger (50,3%) auftraten, kamen sie auch im Ellenbogengelenk (23,6%) vor (Jang et al. 2006). Macdonald und Waclawski untersuchten Beschwerden der oberen Extremität wie zum Beispiel Tendinitis, Epicondylitis und das Karpaltunnelsyndrom bei Arbeitern der schottischen Whiskyindustrie. Verglichen wurden Küffer mit Arbeitern außerhalb dieses Tätigkeitsfeldes. Signifikant mehr Arbeiter der Fallgruppe gaben Beschwerden an, als die der Vergleichsgruppe mit geringerer körperlicher Belastung. So wurden allgemeine Beschwerden im Ellenbogengelenk von 44% aus der Fallgruppe und lediglich von 19% aus der Kontrollgruppe angegeben. Interessanterweise fand sich zudem eine statistisch signifikante Bewegungseinschränkung im Ellenbogengelenk (Macdonald und Waslawski 2006). Gleichermaßen wurden Beschwerden im Bereich der oberen Extremität bei Näherinnen (Andersen und Garrdboe 1993), Bankangestellten (Yu und Wong 1996), Zimmermännern (Lemasters et al. 1998) und Montagearbeitern der Automobilindustrie (Franson Hall et al. 1995) beschrieben.

Klussmann et al. untersuchten die Prävalenz von muskuloskeletalen Beschwerden sowie deren prädiktive Faktoren der oberen Extremität und des Nacken im Zusammenhang mit Computerarbeitsplätzen. Grundsätzlich traten Beschwerden im Bereich des Ellenbogengelenkes bei 15% der Befragten im Zeitraum von 12 Monaten auf. Mit Zunahme der Tätigkeitsdauer insgesamt und der Dauer der täglichen Belastung nahmen die Beschwerden zu. Als prädiktive Faktoren wurden insbesondere eine geringe Zufriedenheit im Beruf, seltene Pausen und das Tippen über sechs Stunden pro Arbeitstag identifiziert (Klussmann et al. 2008).

Auch Ohlsson et al. untersuchten Arbeiterinnen der fischverarbeitenden Industrie Schwedens. Die Tätigkeit beinhaltet eine ausgesprochen hohe Wiederholungsfrequenz der Bewegungsabläufe der oberen Extremität. Ohlsson et al. fanden heraus, dass die Arbeiterinnen eine vierfach höhere Prävalenz für Beschwerden im Bereich des Hand- oder Ellenbogengelenkes aufwiesen als die Arbeiterinnen der Kontrollgruppe. Mit zunehmendem Alter und mit steigender Dauer der Beschäftigung nahmen die Beschwerden zu. Besonders deutlich erhöht war die Prävalenz in den jüngeren Altersgruppen. So hatten die Arbeiterinnen zwischen dem 30. und dem 44. Lebensjahr ein 8,1fach höheres Risiko für

die Entstehung von Beschwerden des Hand- oder Ellenbogengelenkes (Ohlsson et al. 1994).

All diese Studien eruieren Symptome der Überanstrengung. Eine eindeutige Evaluierung einer arthrotischen Veränderung des Ellenbogengelenks als Folge der Überbeanspruchung erfolgte nicht.

Dennoch zeigen diese Studien, dass eine erhöhte Kraftbelastung, eine hohe manuelle Repetition oder auch die Arbeit in Zwangshaltungen eine höhere Prävalenz für Beschwerden im Bereich des Ellenbogengelenkes haben. Laut Fuchs und Prütz ist die Arthrose jedoch eine der häufigsten Ursachen für die Gelenksbeschwerden (Fuchs und Prütz 2017).

Festzustellen ist, dass die Arthrose des Ellenbogengelenkes seltener als in anderen Gelenken auftritt, insbesondere im Vergleich zur Arthrose im Knie- und Hüftgelenk (Raval et al. 2015). Aufgrund der guten Kompensationsmöglichkeit durch die kontralaterale Seite, suchen die Betroffenen spät den ärztlichen Rat (O'Driscoll 1993, Debono et al. 2004).

Dem entsprechend steht diese Erkrankung des Ellenbogengelenkes wenig im wissenschaftlichen Fokus und die Studienlage ist spärlich. So findet man zum Beispiel über das Online-Portal PubMed unter den Suchbegriffen [Cartilage + Knee] und [Cartilage + Elbow] für das Kniegelenk fünfmal so viele Publikationen, wie für das Ellenbogengelenk und für das Handgelenk sogar 6,4-mal so viele Publikationen. Auch im Vergleich zu anderen Gelenken wie dem Hüft-, Sprung- oder Schultergelenk sind deutlich mehr wissenschaftliche Arbeiten publiziert. Im Balkendiagramm der Abbildung 28 ist die Anzahl der gefundenen Publikationen zu den einzelnen Gelenken dargestellt.



Abbildung 28: Dargestellt sind die über PubMed gefundenen Publikationen

Es wird deutlich, dass im Vergleich zum Ellenbogengelenk in der Kombination mit den Suchbegriffen [Cartilage], [Osteoarthritis] und [Arthoroscopy] in allen anderen dargestellten Gelenken mehr Publikationen existieren.

Lediglich die im Rahmen der Literaturrecherche gefundenen sieben Studien beziehen sich konkret auf die Arthrose des Ellenbogengelenkes, der eine berufliche Belastung zu Grunde liegt bzw. auf arthrotische Veränderungen bei Profisportlern. Unter den Publikationen fand sich nur eine bevölkerungsbasierte Querschnittstudie.

In der Untersuchung von Bovenzi et al. fand sich eine höhere Prävalenz für Gelenkbeschwerden im Bereich der oberen Extremität bei einer Tätigkeit mit vibrierenden Werkzeugen (Bovenzi et al. 1987). Dies deckt sich mit der in unserer Arbeitsgruppe gefundenen ausgeprägteren Knorpelschädigung bei Vibrationsbelastung, bei repetitiven Tätigkeiten und bei Belastung durch niederfrequente Werkzeuge. Eine Altersabhängigkeit fanden Bovenzi et al. in ihrer Analyse nicht, wobei im Vergleich zu unserem Patientenkollektiv das mediane Alter um ca. zehn Jahre geringer war. Die relativ kleine Studie von Mintz und Fraga beurteilt überwiegend die für die Ellenbogengelenksarthrose pathognomonische Bewegungseinschränkung bei acht Arbeitern in einer Gießerei. Deutlich wurden hier das Flexions- und Extensionsdefizit und etwas geringer ausgeprägt auch die geminderte Pro- und Supination dargestellt. Bei allen Arbeitern konnten eindeutig arthrotische Veränderungen mittels konventioneller Röntgendarstellung des Ellenbogengelenkes

diagnostiziert werden. Bei einigen Arbeitern fanden sich jedoch auch in anderen Gelenken arthrotische Veränderungen, jedoch in geringerem Ausmaß und ohne klinische Symptomatik (Mintz und Fraga 1973). Hierdurch wird bestätigt, dass eine radiologisch nachweisbare Arthrose nicht zwangsläufig zu Beschwerden führt. Unklar bleibt jedoch auch, ob die Beschwerdesymptomatik in Korrelation zum Ausmaß der Degeneration steht. Nach Richard und Loeser entwickeln nur die Hälfte der Patienten mit einer radiologisch nachweisbaren Arthrose klinisch relevante Beschwerden und gleichfalls haben nicht alle Patienten mit Gelenkschmerzen radiologische Veränderungen im Sinne einer Arthrose (Richard und Loeser 2010). So konnten auch Miller et al. in einer Studie mit 480 Patienten mit Knieschmerzen im Alter von über 65 Jahren, lediglich bei rund 50% radiologisch die Gonarthrose bestätigen (Miller et al. 2001).

Die Studie von Lawrence bestätigt eindrücklich eine höhere Prävalenz der Arthrose des Ellenbogengelenkes bei schwerer körperlicher Belastung (Lawrence 1955).

Die übrigen Arbeiten untersuchten degenerative Veränderungen bei Profisportlern (Gore et al. 1980, Maffulli et al. 1992, Neusel et al. 1987, Schmitt et al. 2001).

Doch auch für Amateursportler gibt es Hinweise darauf, dass die sportliche Belastung zu einer Degeneration führt. In einer Fallserie beschrieben Hellmann et al. degenerative Veränderungen verschiedener Gelenke an Patienten mit chronischen, repetitiven Traumen im Rahmen nichtprofessioneller sportlicher Aktivitäten. Bei allen Patienten traten frühzeitig Beschwerden in den belasteten Gelenken auf. Ebenso fanden sich bei allen radiologisch nachweisbare degenerative Veränderungen. Die Autoren schlussfolgerten, dass die chronische Belastung zu einer vorzeitigen und ausgeprägten Knorpelschädigung führt (Hellmann et al. 1983).

Weiterhin existieren zahlreiche paleopathologische Studien, die degenerative Knochenveränderungen analysierten. So untersuchte z. B. Patricia S. Bridges in einer Studie Skelette prähistorischer Sammler und Jäger aus dem Zeitraum von 6000 – 1000 v. Chr. aus der Region Alabama und verglich diese mit ihren Untersuchungen an Skeletten von Maisbauern aus Mississippi aus dem Zeitraum von 1200 – 1500 n. Chr. Im Gegensatz zur heutigen Zeit fand sie eine am häufigsten in beiden Gruppen unabhängig vom Geschlecht degenerative Gelenkveränderung im Schultergelenk, im Ellenbogengelenk und im Kniegelenk, seltener jedoch im Hüfte- und im Sprunggelenk. Bezüglich des Ellenbogengelenkes wiesen grundsätzlich Männer aus der neuzeitlichen Gruppe häufiger degenerative Veränderungen auf, als die Frauen. In der prähistorischen Gruppe fand sich dieser Geschlechtsunterschied nicht. Betrachtete man die kulturellen Unterschiede, fand sich eine

höhere Prävalenz der Ellenbogenarthrose bei den über 30 Jahre alten Frauen der Prähistorie, bezogen auf die Altersgruppe zwischen 30 und 49 jedoch bei mehr Männern der neuzeitlichen Gruppe (Bridges 1991).

Auch Inoue et al. analysierten die Prävalenz der Arthrose der großen Gelenke prähistorischer Skelette aus Japan (5000 – 100 v. Chr.), China (7000 – 400 v. Chr.) und Frankreich (1400 – 900 v. Chr.). Zudem erfolgte die Untersuchung innerhalb der Gruppen getrennt nach Jägern und Sammlern und nach Bauern. Grundsätzlich zeigten sich im Vergleich bei der asiatischen Rasse mehr arthrotische Veränderungen im Bereich des medialen Femurkondylus und des medialen Tibiaplateaus als bei der kaukasischen Rasse. Signifikante Unterschiede fanden sich bei den untersuchten anderen Gelenken nicht. Analog zur Studie von Bridges fanden auch Inoue et al. in der asiatischen Gruppe eine signifikant höhere Prävalenz der Ellenbogengelenksarthrose im Kollektiv der Jäger und Sammler als in dem der Bauern. Gleiches galt für die degenerativen Veränderungen der Patella. Die Prävalenzen der übrigen Gelenke ergaben keinen signifikanten Unterschied (Inoue et al. 2001).

Weiterhin untersuchte Jurmain Gelenke von weißen und dunkelhäutigen Amerikanern aus unserem Jahrhundert und verglich seine Ergebnisse mit den Untersuchungen an Indianern aus New Mexico 1200 n. Chr. und frühgeschichtlichen Eskimos. Signifikante altersabhängige Unterschiede fand Jurmain im Bereich des Ellenbogengelenkes nicht. Geschlechtsunabhängig fand er höhere Prävalenzen bei den Eskimos. Zudem war der rechte Ellenbogen deutlich früher bei den Männern in allen drei Bevölkerungsgruppen betroffen. Bei den untersuchten weiblichen Skeletten fand er bei den weißen Amerikanern erste Veränderungen über dem 60sten Lebensjahr. Bei den Dunkelhäutigen fanden sich diese Veränderungen früher und vorrangig am linken Ellenbogen. Die weiblichen indianischen Skelette und die weiblichen der Eskimos zeigten auch frühzeitiger und vor allem ausgeprägter Veränderungen am linken Ellenbogen. Im Vergleich zu den Untersuchungen der Knie- und Schultergelenke fanden sich keine Anzeichen für hormonabhängige Veränderungen der Ellenbogengelenke bei den Frauen. Beidseitige Veränderungen fanden sich in allen Populationen erst jenseits der sechsten Lebensdekade. Degenerative Veränderungen fanden sich bei den weißen Amerikanerinnen auch jenseits der 60 kaum und wenn dann nur geringgradig. Grundsätzlich schien die Prävalenz der Männer in allen Populationen höher, jedoch einzig am Ellenbogen signifikant höher in der der Amerikaner. Ursächlich hierfür führt Jurmain die höhere berufliche Belastung an (Jurmain 1977). Letztendlich liegt auch in diesen Studienergebnissen eine höhere Belastung zu Grunde.

Einige Studien beschreiben posttraumatische Veränderungen im Sinne einer Arthrose des Ellenbogengelenkes. So beschreibt Chammas bei 80% der Patienten nach einer osteosynthetischen Versorgung einer intraartikulären Fraktur des distalen Humerus eine Arthrose. Nach konservativer Therapie einer Radiusköpfchenfraktur fand er bei 76% arthrotische Veränderungen (Chammas 2014).

Bisher ist in der Berufskrankheitenverordnung verankert, dass durch Erschütterungen bei Arbeiten mit Druckluftwerkzeugen oder gleichartig wirkenden Werkzeugen oder Maschinen, die über die Handgriffe Schwingungsenergie übertragenen zu pathologischen Veränderungen des Hand-Arm-Schulter-Systems führen. Insbesondere sind hier Vibrationen mit tiefen Frequenzanteilen im Bereich von acht Hertz bis 50 Hz angesprochen. Als Gefahrenquellen werden Arbeiten mit schlagenden Werkzeugen, Geräten oder Maschinen (zum Beispiel Aufbruch- und Abbauhämmer, Bohrhämmer, Bodenverdichter oder Vibrationsstampfer) angesehen, unabhängig davon ob die Maschine pneumatisch, elektrisch oder hydraulisch angetrieben wird.

Degenerative Veränderungen sind abhängig von der Dauer und der Intensität der Schwingungsbelastung sowie der Stärke der Ankopplung der Hände an die vibrierenden Handgriffe.

Eine kumulative Dosis als Richtwert für die Begründung lässt sich derzeit nicht festlegen. Bei Bergleuten geht man davon aus, dass Veränderungen in der Regel nicht vor Ablauf einer zweijährigen, sich täglich wiederholende mehrstündige Arbeit mit hoher Schwingungsintensität auftraten.

Sowohl die Literaturrecherche als auch die Untersuchungen der Fallserien dieser Arbeit lassen jedoch stark vermuten, dass auch eine hohe manuelle Repitation, eine körperlich schwere Arbeit und auch die Arbeit mit vibrierenden Werkzeugen mit einem höherem Schwingungsbereich zu Knorpelschädigungen und damit zur Arthrose des Ellenbogengelenkes führen. Dieser Umstand findet bisher in der Begutachtung keine Beachtung. Unstrittig ist die Entstehung von Knorpelschäden bei Profisportlern im Bereich der Wurf-sportarten.

Zu Amateursportlern liegen lediglich Fallberichte vor. Auch in der eigenen Untersuchung konnten sowohl durch den das Ellenbogengelenk belastenden Sport oder durch eine allgemeine sportliche Betätigung keine höhere Rate an Knorpelschäden eruiert werden. Hier bleibt jedoch offen, ob im Amateursportbereich beginnende Beschwerden eher zur Aufgabe der sportlichen Aktivitäten führen als im Profisport.

Eine altersabhängige Entstehung der Ellenbogengelenksarthrose konnte durchgängig nicht gezeigt werden. Ebenso bleibt unklar ob andere Kofaktoren wie zum Beispiel Übergewicht oder psychosoziale Faktoren einen Einfluss haben. Eine eindeutige Aussage zur Gesamtprävalenz lassen die derzeitigen wissenschaftlichen Untersuchungen ebenso nicht zu. Um neben der bisher anerkannten Belastung durch niederfrequente Schwingungen weitere Risikofaktoren der Entstehung der Ellenbogengelenksarthrose wissenschaftlich zu belegen sind zwingend umfängliche prospektive Studien notwendig.

9. Schlussfolgerungen

In der vorliegenden Arbeit wurden Risikofaktoren für die Entstehung einer Arthrose des Ellenbogengelenkes evaluiert. Sowohl durch die Literaturrecherche als auch durch die Untersuchung der eigenen Fallserie wurde die Arbeit mit Werkzeugen oder Maschinen über deren Handgriffe niederfrequente Schwingungen im Bereich von 8 Hz– 50 Hz auf das Hand-Arm-Schulter-System übertragen als ätiologischer Faktor diskriminiert. Dieses Erkenntnis fand bereits Anerkennung im Rahmen der Begutachtung zur Berufkrankheit. Zusätzlich scheinen auch eine hohe manuelle Repetition, eine hohe Kraftbelastung, die Arbeit mit vibrierenden Werkzeugen auch mit höheren Schwingungsfrequenzen und Arbeiten in Zwangshaltung einen Risikofaktor für eine frühzeitige Arthrose des Ellenbogengelenkes darzustellen. Auch eine sportliche Belastung im Profibereich scheint zu dieser degenerativen Veränderung zu führen. Dies konnte durch die Literaturrecherche insbesondere bei Wurfsporarten bestätigt werden. Für den Amateursport kann diese Aussage nicht bestätigt werden. Jedoch ist es denkbar, dass Amateursportler mit Beschwerden eher die auslösende Sportart aufgeben.

Beschwerden im Ellenbogengelenk stellen ein nicht seltenes orthopädisches Problem dar. In wie weit es sich bei den Beschwerden ursächlich um eine reine Arthrose handelt bleibt weiterhin unklar. Somit lässt sich keine eindeutige Gesamtprävalenz darstellen. Weiterhin unklar ist, ob außer einer besonderen Belastung andere Faktoren ätiologisch von Bedeutung sind. Um eine Aussage hierzu treffen zu können und somit auch präventive Maßnahmen ergriffen werden können, sind weitere wissenschaftliche Studien erforderlich.

10. Literatur- und Quellenverzeichnis

- Aigner T, Rose J, Martin J, Buckwalter J. 2004. Aging theories of primary osteoarthritis: from epidemiology to molecular biology. *Rejuvenation Res*, 7 (2):134-145.
- Amis AA, Dawson D, Unsworth A, Miller JH, Wright V. 1977. An Examination of the Elbow articulation with particular reference to variation of the carrying angle. *Engrg Med*, 8:76-80.
- Andersen JH, Garrdboe O. 1993. Musculoskeletal disorders of the neck and the upper limb among sewing machine operators. *Am J Ind Med*, 24:255-264.
- Bancroft LW, Pettis C, Wasyliw C, Varich L. 2013. Osteochondral lesions of the elbow. *Semin Musculoskelet Radiol*, 17 (5):446-454.
- BMAS BfAuS. 2005. Merkblatt zur Berufskrankheit Nr. 2103 der Anlage zur Berufskrankheiten-Verordnung (BKV). Erkrankungen durch Erschütterungen bei Arbeit mit Druckluftwerkzeugen oder gleichartig wirkenden Werkzeugen oder Maschinen. *BArbBl*, 3 (3):51.
- Bovenzi M, Fiorito A, Volpe C. 1987. Bone and joint disorders in the upper extremities of chipping and grinding operators. *Int Arch Occup Environ Health*, 59 (2):189-198.
- Braatz JH, Gogia PP. 1987. The mechanics of pitching. *J Orthop Sports Phys Ther*, 9:56-69.
- Bridges PS. 1991. Degenerative Joint Disease in Hunter-Gatherers and Agriculturalists From the Southeastern United States. *American Journal of Physical Anthropology*, 85:379-391.
- Brittberg M, Winalski CS. 2003. Evaluation of cartilage injuries and repair. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 85A:58-69.

- Broberg MA, Morrey BF. 1986. Results of delayed excision of the radial head after fracture. *J Bone Joint Surg Am*, 68:669-674.
- Buckwalter JA. 1983. Articular cartilage. *Instr Course Lect*, 32:349-370.
- Buckwalter JA, Saltzman C, Brown T. 2004. The impact of osteoarthritis: implications for research. *Clin Orthop Relat Res*, (427 Suppl):S6-15.
- Caldwell GL, Safran MR. 1885. Elbow problems in the Athlete. *Sports Medicine*, 26:465.
- Campbell BM, Stodden DF, Nixon MK. 2010. Lower extremity muscle activation during baseball pitching. *J Strength Cond Res*, 24:964-971.
- Chalmers PN, Wimmer MA, Verma NN, Cole BJ, Romeo AA. 2017. The Relationship Between Pitching Mechanics and Injury: A Review of Current Concepts. *Orthopaedic Surgery*:216-221.
- Chammas M. 2014. Post-traumatic osteoarthritis of the elbow. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, 100:15-24.
- Chen FS, Rokito AS, Jobe FW. 2001. Medial elbow problems in the overhead-throwing athlete. *J Am Acad Orthop Surg*, 9:99-113.
- Committee MLBA Pitch Smart Guidelines <http://m.mbl.com/pitchsmart/>.
- Debono L, Mafart B, Jeusel E, Guipert G. 2004. Is the incidence of elbow osteoarthritis underestimated? Insights from paleopathology. *Joint Bone Spine*:397-400.
- Franson Hall C, Bystrom S, Killborn A. 1995. Self reported physical exposure and musculoskeletal symptoms of the forearm and hand among automobile assembly line workers. *J Occup Environ Med*, 37:1136-1144.
- Fuchs J, Prütz F. 2017. Prävalenz von Gelenkschmerzen in Deutschland. *Journal of Health Monitoring*, 2 (3):66-71.

- Gore RM, Rogers LF, Bowerman J, Suker J, Compere CL. 1980. Osseous manifestations of elbow stress associated with sports activities. *AJR Am J Roentgenol*, 134 (5):971-977.
- Grayson CW, Decker RC. 2012. Total Joint Arthroplasty for Persons With Osteoarthritis. *The American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation*, 4:97-103.
- Gschwend N. 1986. [Degenerative diseases of the upper extremities]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 124 (4):408-417.
- Hang YS, Lippert FG, Spolek GA, Frankel VH, Harrington RM. 1979. Biomechanical study of the pitching elbow. *Int Orthop*, 3:217-223.
- Heijink A, Vanhees M, van den Ende K, P. vdBM, van Riet RP, van Dijk CN, Eygendaal D. 2016. Biomechanical considerations in the pathogenesis of osteoarthritis of the elbow. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 24:2313-2318.
- Hellmann DB, Helms CA, Genant HK. 1983. Chronic Repetitive Trauma: A Cause of Atypical Degenerative Joint Disease. *Skeletal Radiol*, 10:236-242.
- Inoue K, Hukuda S, Fardellon P, Yang ZQ, Nakai M, Katayama K, Ushiyama T, Saruhashi Y, Huang J, Mayeda A, Catteddu I, Obry C. 2001. Prevalence of large-joint Osteoarthritis in Asian and Caucasian skeletal populations. *Rheumatology*, 40:70-73.
- Jang Y, Chi C-F, Tsauno J-Y, Wang J-D. 2006. Prevalence and Risk Factors of Work-Related Musculoskeletal Disorder in Massage Practitioners. *J Occup Rehabil*, 16:425-438.
- Jenkins PJ, Watts AC, Norwood T, Duckworth AD, Rymaszewski LA, Mc Eachan JE. 2013. Total elbow replacement: outcome of 1,146 arthroplasties from the Scottish Arthroplasty Project. *Acta Orthopaedica*, 84 (2):119-123.
- Josten C, Lill H. 2001. *Ellenbogenverletzungen*. Darmstadt: Steinkopff Verlag.

- Jurmain RD. 1977. Stress and the Etiology of Osteoarthritis. *Am J Phys Anthropol*, 46:353-366.
- Kellgren JH, Lawrence JS. 1957. Radiological assessment of osteoarthrosis. *Ann Rheum Dis*, 16:494-502.
- Klussmann A, Gebhardt H, Liebers F, Rieger MA. 2008. Musculoskeletal symptoms of the upper extremities and the neck: A cross-sectional study on prevalence and symptom-predicting factors at visual display terminal (VDT) workstations. *BMC Musculoskelet Disord*, 9:96-111.
- Kromer TO. 2004. *Das Ellenbogengelenk*. Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag.
- Lawrence JS. 1955. Rheumatism in Coal Miners
Part III: Occupational Factors. *Brit J industr Med*, 12:249-261.
- Lawrence RC, Felson DT, Helmick CG. 2008. Estimates of the prevalence of arthritis and other rheumatic conditions in the United States: Part II. *Arthritis Rheum*, 58:26-35.
- Lemasters GK, Atterbury MR, D. B-JA. 1998. Prevalence of work related musculoskeletal union carpenters. *Occup Environ Med*, 55:421-427.
- Leonhardt H, Tillmann B, Töndury G, Zilles K. 2003. *Rauber/Kopsch: Anatomie des Menschen, Lehrbuch und Atlas. Band I, Bewegungsapparat. 2 Aufl.* Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Macdonald F, Waslawski E. 2006. Upper limb disorders among coopers in the Scotch whisky industry. *Occupational Medicine*, 56:232-236.
- Maffulli N, Chan D, Aldridge MJ. 1992. Derangement of the articular surfaces of the elbow in young gymnasts. *J Pediatr Orthop*, 12 (3):344-350.
- McAuliffe JA, Miller RE. 2000. Osteoarthritis and traumatic arthritis of the elbow. *J Hand Ther*, 13 (2):136-147.

- Melchior M, Roquelaure Y, Evanoff B, Chastang J-F, Ha C, Imbernon E, Goldberg M, Leclerc A, Group TPdILS. 2006. Why are manual workers at high risk of upper limb disorder? The role of physical work in a random sample of workers in France (the Pays de la Loire study). *Occup Environ Med*, 63:754-761.
- Miller ME, Rejeski WJ, Messier SP. 2001. Modifiers of changes in physical functioning in older adults with knee pain: the Observational Arthritis Study in Seniors (OASIS). *Arthritis Rheum*, 45:331-339.
- Mintz G, Fraga A. 1973. Severe osteoarthritis of the elbow in foundry workers. *Arch Environ Health*, 27 (2):78-80.
- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, Group P. 2009. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA-Statement. *Open Med*, 3:123-130.
- Morrey BF, Hrsg. 1993. *The Elbow and its Disorders*. 2. Aufl. Philadelphia: WB Saunders.
- Murphy L, Schwartz TA, Helmick CG. 2008. Lifetime risk of symptomatic knee osteoarthritis. *Arthritis Rheum*, 59:1207-1213.
- Neusel E, Arza D, Rompe G, Steinbrück K. 1987. [Long-term roentgenologic studies in peak performance javelin throwers]. *Sportverletz Sportschaden*, 1 (2):76-80.
- Nevitt MC. 1996. Definition of hip osteoarthritis for epidemiological studies. *Ann Rheum Dis*, 55 (9):562-565.
- O'Driscoll SW. 1993. Elbow Arthritis: Treatment Options. *J Am Acad Orthop Surg*, 1 (2):106-116.
- O'Driscoll SW, Bell DF, Morrey BF. 1991. Posterolateral rotatory instability of the elbow. *J Bone Joint Surg*, (73A):440-446.

- Ohlsson K, Hansson D-A, Balogh I, Strömberg U, Palsson B, Nordander C, Rylander L, Skerfving S. 1994. Disorders of the neck and the upper limbs in women in the fish processing industry. *Occup Environ Med*, 51:826-832.
- Peterfy CG, Guermazi A, Zaim S, Tirman PE, Milaux Y, White D, Kothari M, Lu Y, Fye K, Zhao S, Genant HK. 2004. Whole-Organ Magnetic Resonance Imaging Score (WORMS) of the knee in osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage*, 12:177-190.
- Raval P, Ellanti P, Harrington P. 2015. Ulnohumeral debridement arthroplasty: a retrospective study and midterm outcome results. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 25:847-850.
- Richard F, Loeser MD. 2010. Age-Related Changes in the Musculoskeletal System and the Development of Osteoarthritis. *Clin Geriatr Med*, 26:371-386.
- Riede U-N, Werner M, Schaefer H-E. 2004. Allgemeine und spezielle Pathologie. 5 Aufl. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Schmitt H, Hansmann HJ, Brocai DRC, Loew M. 2001. Long Term Changes of the Throwing Arm of Former Elite Javelin Throwers. *Int J Sports Med*, 22:275-279.
- Spahn G, Muckley T, Klinger HM, Hofmann GO. 2008. Whole-Organ Arthroscopic Knee Score (WOAKS). *BMC Musculoskelet Disord*, 9:155.
- Spahn G, Gruber M, Staubli AE, Hofmann GO. 2014. Gelenkerhaltende operative Therapie bei Knorpelschaden und Arthrose - Arthroskopie, Chondroplastik, Umstellungsosteotomie
- Spahn G, Lipfert JU, Maurer C, Hartmann B, Schiele R, Klemm H-T, Grifka J. 2017. Risk factors for cartilage damage and osteoarthritis of the elbow joint: case-control study and systematic literature review. *Arch Orthop Trauma Surg*, 137 (4):557-566.

Theodoropoulos JS, Dwyer T, Wolin PM. 2012. Correlation of Preoperative MRI and MRA With Arthroscopically Proven Articular Cartilage Lesions of the Elbow. Clin J Sport Med 22 (5):403-407.

WHO BMI classification www.who.int.

Yu ITS, Wong TW. 1996. Musculoskeletal problems among VDU workers in a Hong Kong bank. Occup Med (Lond), 46:275-280.

Zhang J-f, Song L-h, Wei J-i, Zhang A-l, Dong H-y, Wen H-y, Luo J, Liu G. 2016. Prevalence of risk factors for the occurrence of symptomatic osteoarthritis in rural regions of Shanxi Province, China. International Journal of Rheumatic Diseases, 19:781-789.

11.2 Veröffentlichte wissenschaftliche Arbeiten

Response of psoriasis to interleukin-10 is associated with suppression of cutaneous type 1 inflammation, downregulation of the epidermal interleukin-8/CXCR2 pathway and normalization of keratinocyte maturation.

Reich K, Garbe C, Blaschke V, Maurer C, Middel P, Westphal G, Lippert U, Neumann C. J Invest Dermatol. 2001 Feb;116(2):319-29. Erratum in: J Invest Dermatol 2001 May;116(5):829.

Risk factors for cartilage damage and osteoarthritis of the elbow joint: case-control study and systematic literature review.

Spahn G, Lipfert JU, Maurer C, Hartmann B, Schiele R, Klemm HT, Grifka J, Hofmann GO.

Arch Orthop Trauma Surg. 2017 Apr;137(4):557-566.

11.3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Rechtes Ellenbogengelenk in der Ansicht von ventral	9
Abbildung 2: Proximale Gelenkfläche von Elle und Speiche der rechten Seite in der Ansicht von proximal	10
Abbildung 3: Proximaler Abschnitt einer rechten Elle mit Ringband in der Ansicht von ventral.....	10
Abbildung 4: Schematische Darstellung des Verlaufes der Kollagenfibrillen im Gelenkknorpel	12
Abbildung 5: Darstellung der Beschleunigungsphase der Wurfbewegung eines Baseballwerfers	15
Abbildung 6: Radiologische Arthrose des rechten Ellenbogengelenkes	24
Abbildung 7: Radiologische Arthrose des rechten Ellenbogengelenkes, Detailausschnitt	24
Abbildung 8: Schematische Darstellung ICRS.....	25
Abbildung 9: arthroskopischer Normalbefund.....	26
Abbildung 10: Synovitis chondritica (Grad III) mit zahlreichen freien Gelenkkörpern	26
Abbildung 11: Schwerer Knorpelschaden (Grad III/IV) im Bereich der Zirkumferenz und der Fläche des Radiusköpfchens, im Hintergrund die Trochlea	27
Abbildung 12: Schwerer Knorpelschaden (Grad IV) auf der Fläche des Radiusköpfchens	27
Abbildung 13: Fossa olecrani mit Knorpelschaden Grad III und im Bereich des Olecranons kleiner Osteophyt	28

Abbildung 14: Flow-Chart der Metaanalyse.....	31
Abbildung 15: Darstellung des Summenscores der beruflichen Belastung in Bezug zur vorgefundenen Häufigkeit in der Studiengruppe	40
Abbildung 16: Darstellung der radiologischen Veränderungen Graduiert nach Bloberg bezogen auf die Altersgruppen.....	41
Abbildung 17: Darstellung der radiologischen Veränderungen graduiert nach Bloberg in Bezug auf die Niederfrequenzbelastung.....	42
Abbildung 18: Darstellung der radiologischen Veränderungen graduiert nach Bloberg in Bezug auf die Niederfrequenzbelastung.....	43
Abbildung 19: Darstellung der Altersabhängigkeit des WOAES	45
Abbildung 20: Darstellung des WOAES in Abhängigkeit vom Geschlecht	46
Abbildung 21: Darstellung des WOAES im Zusammenhang mit einer Niederfrequenzbelastung	47
Abbildung 22: Darstellung des WOAES in Abhängigkeit zur Dauer einer repetitiven Tätigkeit.....	48
Abbildung 23: Darstellung des WOAES in Abhängigkeit zur Dauer der Vibrationsbelastung	48
Abbildung 24: Darstellung der Kraftbelastung von Männern und Frauen in Abhängigkeit von der Zeit pro Arbeitstag	50
Abbildung 25: Darstellung der Vibrationsbelastung von Männern und Frauen in Abhängigkeit von der Zeit pro Arbeitstag.....	51

Abbildung 26: Darstellung der Häufigkeit von repetitiven Tätigkeiten Vibrationsbelastung von Männer und Frauen in Abhängigkeit von der Zeit pro Arbeitstag.....	51
Abbildung 27: Arthrose-und Schmerz- Prävalenz innerhalb der deutschen Bevölkerung (Ermittlungen des Robert-Koch-Instituts). (Fuchs und Prütz 2017)	53
Abbildung 28: Dargestellt sind die über PubMed gefunden Publikationen	56

11.4 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Radiologische Klassifikation nach Broberg und Morrey.....	17
Tabelle 2: Übersicht über die eingeschlossenen Publikationen.....	32
Tabelle 3: Darstellung der arthroskopischen Veränderungen kategorisiert nach den IRCS Graden der einzelnen Gelenkflächen.....	45

11.5 Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Dr. med. Dr. rer. nat. Gunther O. Hofmann, Direktor der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie der Universitätsklinik Jena für die Überlassung des Themas und die Ermöglichung dieser Dissertation.

Mein ganz besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. Gunter Spahn, Leiter der Praxisklinik für Unfallchirurgie und Orthopädie in Eisenach für seine fachkundige und tatkräftige Unterstützung. Weiterhin möchte ich mich bei ihm für seine motivierende und geduldige Betreuung während des gesamten Zeitraumes der Promotion herzlich bedanken.

Ausdrücklich möchte ich mich für die fortwährende Unterstützung meiner Familie bedanken.

11.6 Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität bekannt ist,

ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind,

mich folgende Personen bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts unterstützt haben: Prof. Dr. med. Gunter Spahn,

die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde und das Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für die Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen,

dass ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe und

dass ich die gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht habe.

Berka vor dem Hainich, 24.06.2018